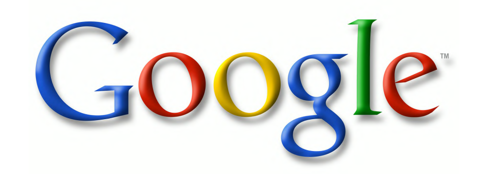


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

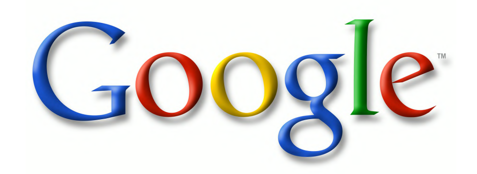
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

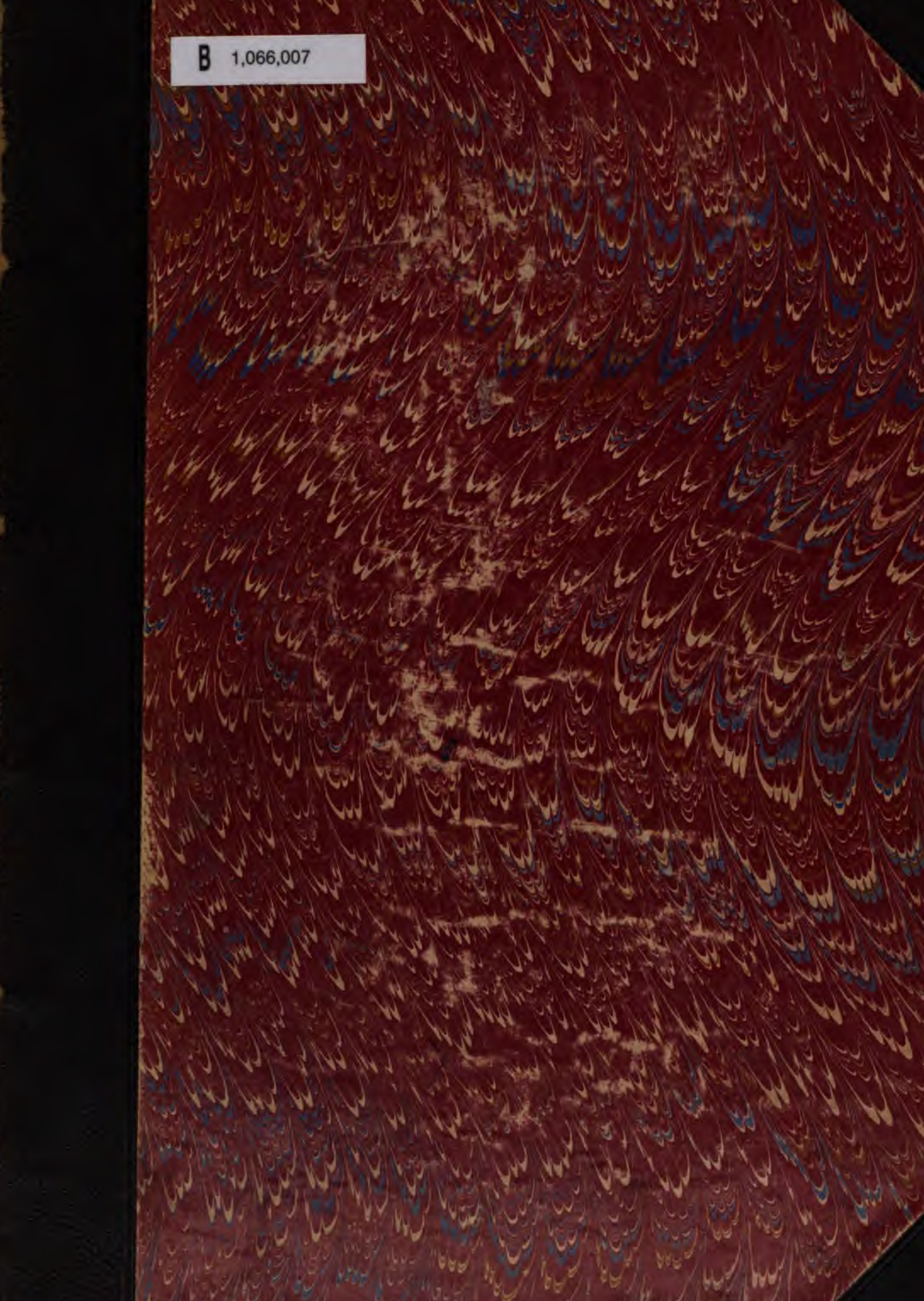
Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

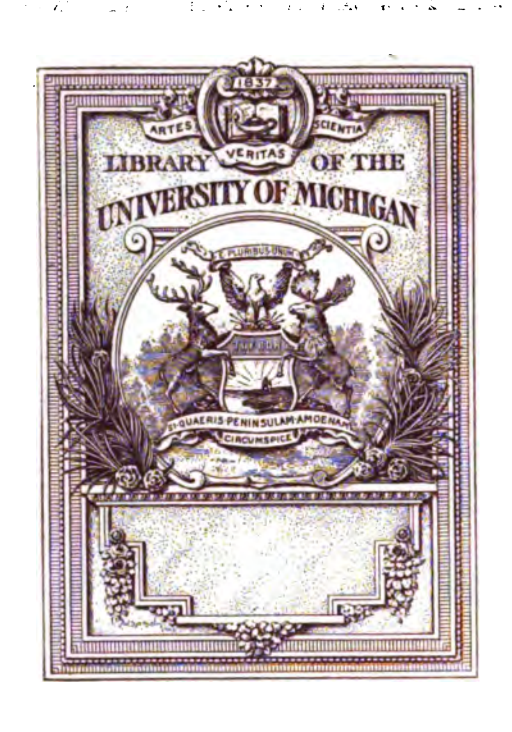
Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

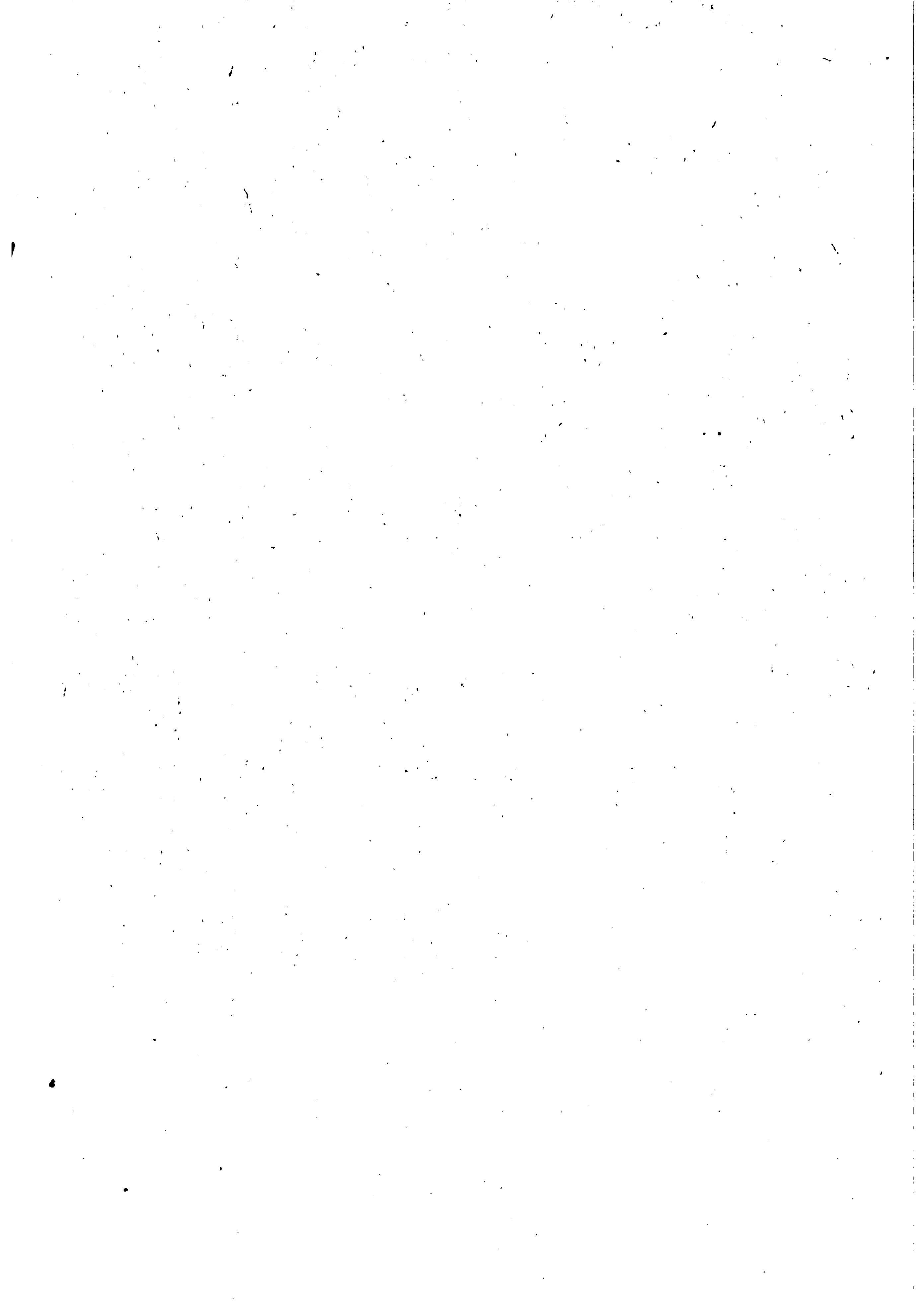
Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.


B 1,066,007


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



Q
184
.Z4



101.83

ZEITSCHRIFT FÜR INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mitteilungen aus dem gesamten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

W. Foerster in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. Hammer** in Stuttgart, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **H. Landolt** in Berlin, **V. v. Lang** in Wien, **S. v. Merz** in München, **G. v. Neumayer** in Neustadt a. H., **A. Raps** in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **A. Rueprecht** in Wien, **A. Westphal** in Berlin.

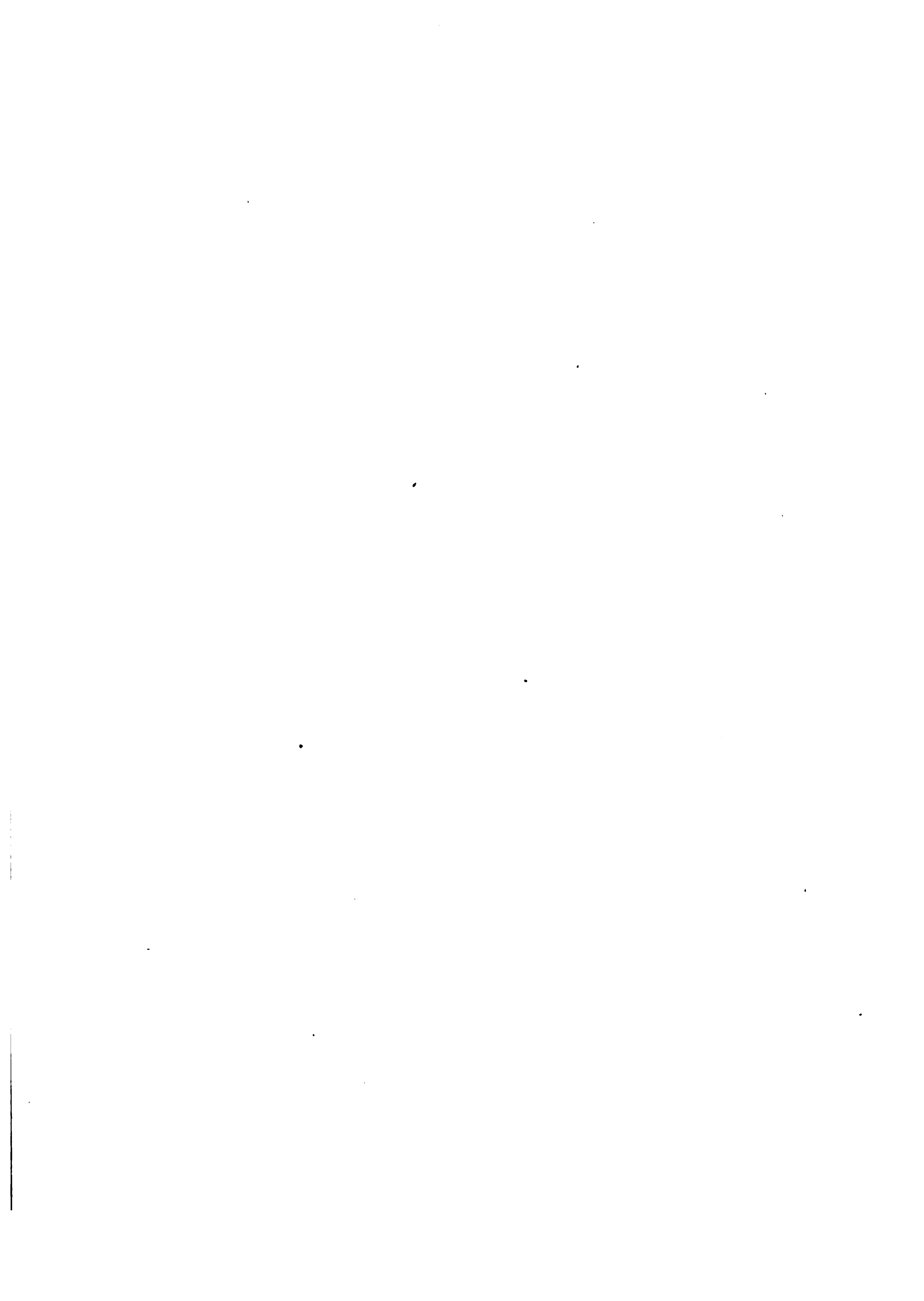
Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Siebenundzwanzigster Jahrgang 1907.

Mit Beiblatt: Deutsche Mechaniker-Zeitung.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1907.

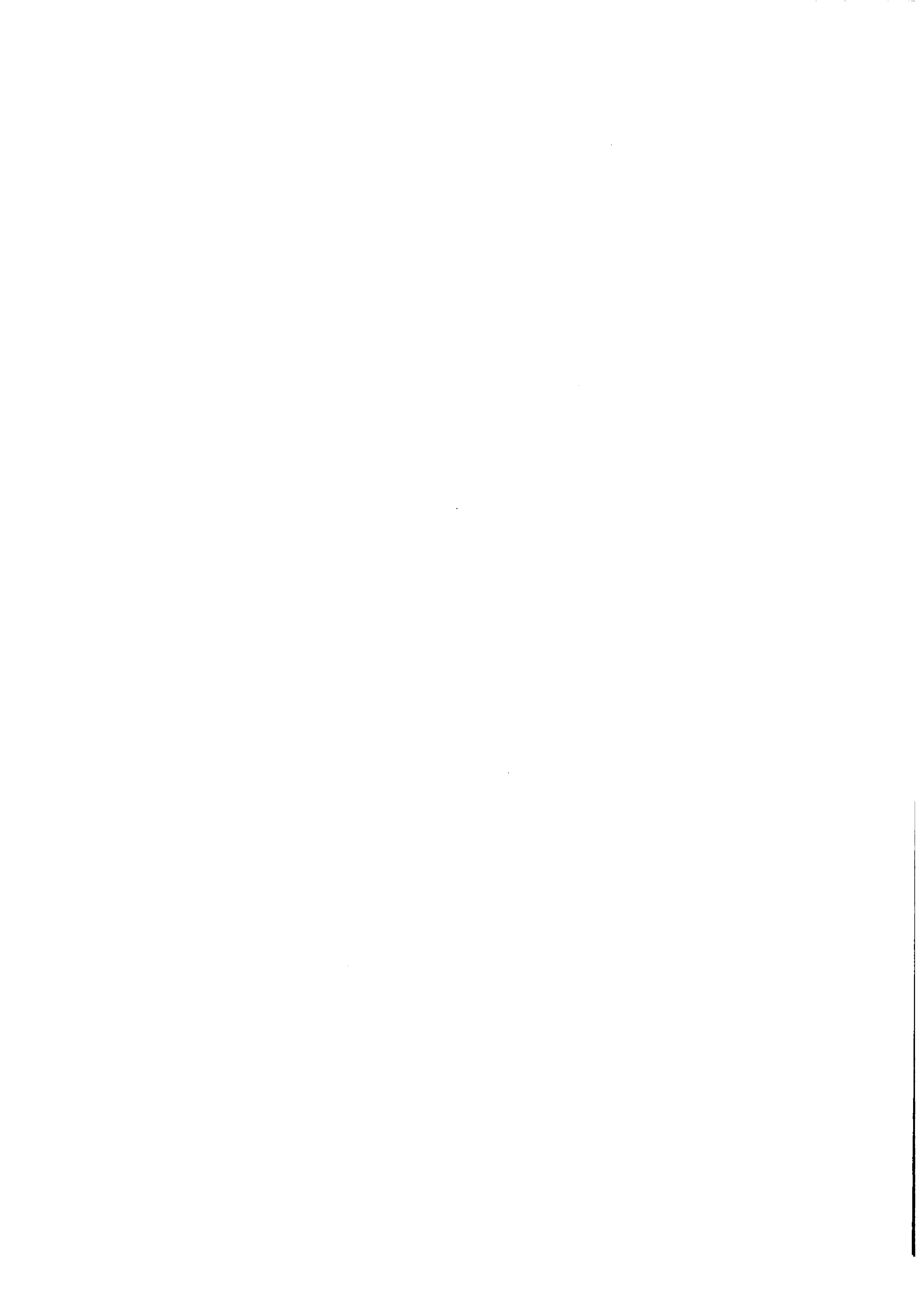


Inhaltsverzeichnis.

178133

Referate.

Bücherbesprechungen.





Photogr. Selbstporträt.

PROF. DR. JOSEF PETZVAL.

1807—1891.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **S. Czapski**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVII. Jahrgang. **Januar 1907.** Erstes Heft.

Zur Erinnerung an Josef Max Petzval.

(geb. 6. Jan. 1807, gest. 17. Sept. 1891.)

Von

M. von Rohr in Jena.

Wenn die Zeitschrift für Instrumentenkunde J. Petzvals bei der hundertsten Wiederkehr seines Geburtstages gedenkt, so hat sie dabei vor allem seine optischen Leistungen im Auge. Denn wenn dieser Gelehrte auch in der reinen und auf anderen Gebieten der angewandten Mathematik seine Verdienste hat, so interessieren hier in erster Linie seine Arbeiten als rechnender Optiker, und es wird sich zeigen lassen, daß sein Auftreten nach verschiedenen Richtungen hin von großer Wichtigkeit gewesen ist.

J. Petzval[1]) wurde am 6. Januar 1807 in einem kleinen Orte Ungarns geboren, studierte in Pest Mathematik und Ingenieurwissenschaften und wurde bereits 1835 als ordentlicher Professor für Mathematik an die Pester Universität berufen. Sehr bald darauf, 1837, siedelte er nach Wien über und wurde an der dortigen Universität der Nachfolger von A. von Ettingshausen, der eben zu jener Zeit den Lehrstuhl für Mathematik verlassen und den für Physik eingenommen hatte. Eine Reise nach Paris, die dieser Physiker im Auftrage der Regierung übernahm, sollte der Anlaß dazu werden, daß Petzval sich dem Gebiete zuwandte, auf dem ihm ein so großer Erfolg beschieden war. Ettingshausen brachte nämlich von seiner Reise die Kenntnis des Daguerreschen Verfahrens und das dafür äußerst wichtige Problem mit, ein lichtstarkes Linsensystem zu schaffen, damit man an die Aufnahme lebender Personen gehen könne.

Diese Aufgabe reizte Petzval, und er entwickelte eine Theorie der Aberrationen dritter Ordnung so vollständig, daß er 1843 sicher im Besitz der Erkenntnis gewesen ist, daß alle sphärischen Fehler dritter Ordnung nur von fünf Koeffizienten abhängen, wenn man bei dem System sphärische Begrenzungsflächen voraussetzt. Diese Theorie veröffentlichte er aber nicht, sondern er gab nur einige Resultate an, darunter das seinen Namen tragende Theorem über die Abhängigkeit der Bildkrümmung eines Linsensystems von den Krümmungsradien und den Glasarten.

Nachdem er sich von dem jungen Wiener Optiker Fr. Voigtländer die optischen Konstanten eines Flint- und eines Kronglases hatte angeben lassen, be-

[1]) Nähere Angaben allgemeiner Art finden sich bei J. Petzvals unermüdlichem Biographen L. Erményi, Dr. Josef Petzvals Leben und Verdienste. 2. Aufl. 8°. VI, 86 S. m. 11 Bildern u. 2 Taf. Halle, W. Knapp 1903. Für die optischen Leistungen siehe M. v. Rohr, (**1.**) Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs. 8°. XX, 436 S. m. 148 Fig. u. 4 Taf. Berlin, J. Springer 1899. [illegible] (**2.**) Ueber ältere Porträtobjektive. *Diese Zeitschr.* **21.** *S. 49—52. 1901;* (**3.**) Die optischen Systeme aus J. Petzvals Nachlaß. *Photogr. Korresp.* **43.** *S. 266—276. 1906.*



Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **S. Czapski**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVII. Jahrgang. **Januar 1907.** Erstes Heft.

Zur Erinnerung an Josef Max Petzval.

(geb. 6. Jan. 1807, gest. 17. Sept. 1891.)

Von

M. von Rohr in Jena.

Wenn die Zeitschrift für Instrumentenkunde J. Petzvals bei der hundertsten Wiederkehr seines Geburtstages gedenkt, so hat sie dabei vor allem seine optischen Leistungen im Auge. Denn wenn dieser Gelehrte auch in der reinen und auf anderen Gebieten der angewandten Mathematik seine Verdienste hat, so interessieren hier in erster Linie seine Arbeiten als rechnender Optiker, und es wird sich zeigen lassen, daß sein Auftreten nach verschiedenen Richtungen hin von großer Wichtigkeit gewesen ist.

J. Petzval[1]) wurde am 6. Januar 1807 in einem kleinen Orte Ungarns geboren, studierte in Pest Mathematik und Ingenieurwissenschaften und wurde bereits 1835 als ordentlicher Professor für Mathematik an die Pester Universität berufen. Sehr bald darauf, 1837, siedelte er nach Wien über und wurde an der dortigen Universität der Nachfolger von A. von Ettingshausen, der eben zu jener Zeit den Lehrstuhl für Mathematik verlassen und den für Physik eingenommen hatte. Eine Reise nach Paris, die dieser Physiker im Auftrage der Regierung übernahm, sollte der Anlaß dazu werden, daß Petzval sich dem Gebiete zuwandte, auf dem ihm ein so großer Erfolg beschieden war. Ettingshausen brachte nämlich von seiner Reise die Kenntnis des Daguerreschen Verfahrens und das dafür äußerst wichtige Problem mit, ein lichtstarkes Linsensystem zu schaffen, damit man an die Aufnahme lebender Personen gehen könne.

Diese Aufgabe reizte Petzval, und er entwickelte eine Theorie der Aberrationen dritter Ordnung so vollständig, daß er 1843 sicher im Besitz der Erkenntnis gewesen ist, daß alle sphärischen Fehler dritter Ordnung nur von fünf Koeffizienten abhängen, wenn man bei dem System sphärische Begrenzungsflächen voraussetzt. Diese Theorie veröffentlichte er aber nicht, sondern er gab nur einige Resultate an, darunter das seinen Namen tragende Theorem über die Abhängigkeit der Bildkrümmung eines Linsensystems von den Krümmungsradien und den Glasarten.

Nachdem er sich von dem jungen Wiener Optiker Fr. Voigtländer die optischen Konstanten eines Flint- und eines Kronglases hatte angeben lassen, be-

[1]) Nähere Angaben allgemeiner Art finden sich bei J. Petzvals unermüdlichem Biographen L. Erményi, Dr. Josef Petzvals Leben und Verdienste. 2. Aufl. 8°. VI, 86 S. m. 11 Bildern u. 2 Taf. Halle, W. Knapp 1903. Für die optischen Leistungen siehe M. v. Rohr, (**1.**) Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs. 8°. XX, 436 S. m. 148 Fig. u. 4 Taf. Berlin, J. Springer 1899. *S. 248—274*; (**2.**) Ueber ältere Porträtobjektive. *Diese Zeitschr.* ***21.*** *S. 49—52. 1901*; (**3.**) Die optischen Systeme aus J. Petzvals Nachlaß. *Photogr. Korresp.* ***43.*** *S. 266—276. 1906.*

rechnete Petzval in kurzer Zeit ein Porträtobjektiv von dem großen Öffnungsverhältnis von 1:3,4, das schon im Sommer 1840 ausgeführt und für gut befunden wurde. Man kennt seinen Korrektionszustand nach (2.) gut, und man kann sagen, daß darin in vollkommener Weise die sphärische Aberration, die Abweichungen von der Sinusbedingung, der Astigmatismus und die Verzeichnung aufgehoben worden waren. Will man aber sein Werk richtig würdigen, so muß man die theoretischen und praktischen Leistungen seiner Zeitgenossen zum Vergleich heranziehen.

Die Forderung, ein Aufnahmeobjektiv von großem Öffnungsverhältnis zu schaffen, stellte den praktischen Optiker vor Aufgaben, die von den bekannten gänzlich abwichen. Bei den gewohnten Konstruktionen, den Objektiven für Fernrohre und Mikroskope, waren es im wesentlichen die Achsenpunkte selbst und die ihnen unmittelbar benachbarten gewesen, für die die Korrektion durchzuführen war; hier handelte es sich auch um Objektpunkte von endlichem Abstande von der Mitte des Gesichtsfeldes, und die neu hinzutretenden Fehler wie Astigmatismus, Bildfeldkrümmung und Koma waren zum Teil noch gar nicht bekannt. Es darf daher kein Wunder nehmen, daß die praktischen Optiker jener Zeit hülflos vor der neuen Aufgabe standen. Selbst zwei so hervorragende Vertreter ihres Berufs wie Ch. Chevalier in Paris und A. Ross in London, der Erfinder der Korrektionsfassung für das Mikroskopobjektiv, haben in jener frühen Zeit wohl technisch gut ausgeführte Objektive geschaffen, aber ihre theoretische Vollkommenheit blieb so weit hinter der zurück, die Petzvals Konstruktion erreichte, daß sie für Porträtzwecke nicht dauernd in Gebrauch geblieben sind.

Außer dieser wichtigsten Konstruktion berechnete Petzval für Voigtländer noch zwei andere photographische Objektive, ein ganz lichtstarkes, das vorläufig noch unbekannt ist, und ein lichtschwächeres, von dem noch später die Rede sein wird, und ein holländisches Fernrohr aus zwei dreifachen Komponenten. Dieses System bedeutete offenbar einen großen Fortschritt über die gleichzeitigen Konstruktionen und erregte zuerst verdientermaßen ein großes Aufsehen. Es scheint sich aber nicht sehr lange auf dem Markt erhalten zu haben; wenigstens hört man in der Folgezeit, wenn etwa die Daten eines holländischen Fernrohrs angegeben werden, nichts mehr von einer so komplizierten Konstruktion.

Leider war versäumt worden, die gegenseitigen Ansprüche auf den Erlös der gemeinsamen Arbeit vorher festzulegen, und so ist es ganz verständlich, daß eine Einigung darüber nachträglich nicht mehr zustande kommen konnte. Auf solche Weise ging daher dieser erste, vielversprechende Ansatz zu einer Arbeitsteilung früh zugrunde, wie sie später für die deutschen optischen Anstalten ganz charakteristisch werden sollte: denn in vielen optischen Werkstätten Deutschlands ist jetzt eine Teilung durchgeführt, wonach die theoretische Leitung, die Berechnung der Konstruktionen, anderen Personen zufällt als die praktische, die Überwachung der Herstellung und die Regelung des Absatzes. Das Zusammenwirken von E. Abbe und C. Zeiß hat gezeigt, welch hoher Blüte eine solche Ordnung fähig ist. Auch bei der Verbindung zwischen Petzval und Voigtländer waren wesentliche Voraussetzungen erfüllt, da einerseits Petzval für seine Aufgabe hervorragend begabt war und andererseits Voigtländer über eine außerordentliche geschäftliche Tüchtigkeit verfügte. Es ist zweifellos, daß sich die photographische Optik in jener Anfangszeit viel schneller entwickelt haben und noch weit mehr den Einfluß von Petzvals Tätigkeit zeigen würde, wenn sich jener Bruch hätte vermeiden lassen.

Die optischen Arbeiten Petzvals in der Zeit von 1843 bis 1854 sind uns nur wenig bekannt. Man weiß nicht viel mehr, als daß er sich mit der Theorie des Scheinwerfers und der Projektionsapparate beschäftigt hat. Er hatte erkannt, daß es in erster Linie auf eine zweckmäßige Anlage des Beleuchtungsapparats ankomme, und er ersann, wie H. Schröder berichtet hat, ein aus einem sphärisch-parabolischen Hohlspiegel und einer Linse zusammengesetztes Beleuchtungssystem, das namentlich für durchlässige Lichtquellen eine sehr weitgehende Ausnutzung der Strahlung gestattete.

Es ist nicht mehr mit Sicherheit zu bestimmen, wann Petzval den Entschluß faßte, mit dem praktischen Optiker C. Dietzler in regelmäßige Geschäftsverbindung zu treten, um hauptsächlich photographische Objektive zu bauen. Die erste Mitteilung über diese Verbindung hat er selbst im Juli 1854 gegeben.

Diese Periode ist darum besonders wichtig, weil Petzval die Durchführung zweier Neuerungen plante: einmal sollte Dietzler ein neues Objektiv herausbringen, und ferner bestand die Absicht, alle Objektive photographisch zu korrigieren. Merkwürdigerweise ist aber nur der weniger wichtige Fortschritt in weiteren Kreisen bekannt geworden.

Was dieses neue photographische Objektiv angeht, so hatte sich die allgemeine Lage seit dem Anfange der vierziger Jahre nicht unwesentlich geändert: während damals mit den beiden marktgängigen Typen, dem lichtstarken Porträtobjektiv und der lichtschwachen Landschaftslinse, der Bedarf der Photographen gedeckt war, bestand etwa fünfzehn Jahre später der Wunsch, ein verzeichnungsfreies, nicht gar zu lichtschwaches Objektiv für Reproduktionen verwenden zu können. Petzval beschloß, diesem Verlangen durch die Veröffentlichung des 1840 beiseite gelegten Objektivs zu entsprechen, und offenbar glaubte er, das Recht zu haben, diese damals nicht veröffentlichte, nunmehr jedenfalls anders achromatisierte Form als neu zu bezeichnen. Andererseits war aber auch der inzwischen nach Braunschweig übergesiedelte Voigtländer der Meinung, daß er eine Konstruktion regelmäßig herstellen dürfe, für die er vor siebzehn Jahren die Probeausführung geliefert hatte. In dem von beiden Seiten mit großer Erbitterung, ja Gehässigkeit in englichen Zeitschriften geführten Streit bestritt Petzval, die Daten je an Voigtländer gegeben zu haben, während seinem Gegner der Nachweis der Unrichtigkeit dieser Aussage nicht schwer fiel. Vielleicht kann man diese auf den ersten Blick völlig rätselhafte Behauptung Petzvals durch die Annahme erklären, er habe 1858 sein photographisch korrigiertes Objektiv gemeint, und die Verwendung eines etwas stärker zerstreuenden Kronglases zu diesem Zwecke sei Voigtländer bei seiner Untersuchung entgangen.

Auf jeden Fall aber verdient die Veröffentlichung dieses Objektivs nicht die übertriebene Beachtung, die man ihr zu jener Zeit schenkte, denn es ist zweifellos die am wenigsten gelungene Konstruktion, die von Petzval bekannt geworden ist. Wenn man auch aus der Wahl der Radien schließen kann, daß es ihm darum zu tun war, einen Typus mit besserer Bildebenung zu schaffen, so störte der Astigmatismus, der in ganz merkbarem Maße zurückgeblieben war, und das Objektiv (das Orthoskop) ist verhältnismäßig bald vom Markt verschwunden. So ist es auch gekommen, daß die Petzvalsche Verwirklichung des Satzgedankens durch unsymmetrische Glieder niemals an weitere Kreise gekommen ist.

Hier kann man auch gleich seiner Beteiligung am Kamerabau kurz gedenken. Wie es scheint, geht auf ihn die Einführung der neigbaren Mattscheibe zurück, die er mit seiner noch manche andere Vorzüge aufweisenden Orthoskop-Kamera veröffentlichte.

Die zweite Neuerung, die Einführung der photographischen Achromasie, hatte eine viel größere Bedeutung, obwohl sie längst nicht einen solchen Eindruck nach außen machte.

Als Petzval 1840 an die Berechnung seines Objektivs ging, waren die Ansichten über die aktinische Wirkung der verschiedenfarbigen Strahlen im Daguerreschen Verfahren noch gar nicht geklärt, und es war ganz natürlich, daß er eine Achromasie wählte, wie sie bei Instrumenten zur subjektiven Beobachtung stets üblich gewesen war. Die Einstelldifferenz war sofort bei den ersten Probeaufnahmen bemerkt worden, doch geschah mindestens während der ersten Jahre in der Wiener Werkstätte nichts, um dem Übelstande abzuhelfen. Nach dem 1843 erfolgten Bruche hatte Petzval verständlicherweise zunächst kein Interesse für dieses Problem, und so kam es, daß die von Voigtländer mit großer Gewissenhaftigkeit angefertigten Objektive stets mit der chromatischen Einstelldifferenz behaftet waren. Infolge ihrer sonstigen aus-

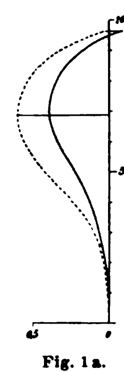


Fig. 1a.

Als Ordinaten sind die Einfallshöhen in *mm* (für $f_p = 100$ *mm*) aufgetragen.

Die Abszissen der ausgezogenen Kurve sind die Longitudinalaberrationen von der Schnittweite des Achsenstrahls.

Die Abszissen der gestrichelten Kurve sind die Longitudinalaberrationen von der Brennweite des Achsenstrahls.

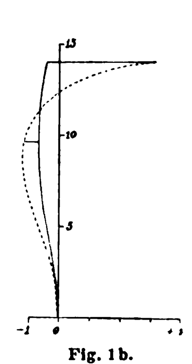


Fig. 1b.

Die Ordinaten sind in Graden des halben Gesichtsfeldwinkels angegeben.

Die Abszissen der ausgezogenen Kurve geben in *mm* die zur Einstellung auf die sagittalen Büschel notwendige Verschiebung der Mattscheibe von dem Brennpunkte aus.

Die Abszissen der gestrichelten Kurve geben in *mm* die zur Einstellung auf die tangentialen Büschel notwendige Verschiebung der Mattscheibe von dem Brennpunkte aus.

gezeichneten Eigenschaften konnten sie sich aber auf dem Markte halten; ja, ein praktischer Photograph von großer Bedeutung, A. Claudet, schrieb ihnen gerade wegen ihres chromatischen Zustandes besondere Vorteile zu. Im Auslande war namentlich A. Ross schon sehr früh dazu übergegangen, das Petzvalsche Porträtobjektiv chromatisch umzukorrigieren, und die von seinem Schwiegersohne J. H. Dallmeyer veröffentlichten Daten lassen erkennen, daß er nur den allgemeinen Typus der Konstruktion festgehalten, dagegen die Krümmungen geändert hatte. Petzval ging anders vor: er benutzte die größere Zerstreuung des „schweren" Kronglases, die in einer für ihn sehr bequemen Weise mit einer fast unveränderten mittleren Brechung verbunden war, um den für seinen Zweck erwünschten Betrag von chromatischer Unterkorrektion herbeizuführen. Leider hat das Interesse, das Petzval als Berater des Optikers Dietzler hatte, eine Veröffentlichung des Korrektionsprinzips verhindert. Wenn auch Petzval in seinen Publikationen von 1856 ab sehr großen Wert auf eine richtige aktinische Korrektion gelegt hat, so scheint man diese Stellen doch meistens übersehen zu haben. Für die Photographen aber war die Neuerung von einer solchen Wichtigkeit, daß auch Voigtländer sie nach anfänglichem Wider-

streben einführte und bereits 1859 das allgemeine Prinzip der Korrektion zur öffentlichen Kenntnis bringen ließ.

Eine große Überraschung bot sich in (3.), als es gelang, in Petzvals Nachlaß eine bisher unbekannte Konstruktion zu finden, worin er mit der Hebung der vier Schärfenfehler einen sehr bemerkenswerten Fortschritt gemacht hatte. Wie groß dieser war, wird man aus den Diagrammen (Fig. 1a u. 1b) ersehen, die nach dem in (1.) üblichen Schema entworfen worden sind. Man erkennt, daß die sphärische Korrektion mit geringen Zonen herbeigeführt und daß der Sinusbedingung für eine der vollen Öffnung nahe kommende Einfallshöhe genügt worden war. Besonders bemerkenswert ist aber die Korrektion der schiefen Büschel: es ist hier nahezu von anastigmatischer Bildfeldebenung im eigentlichen Sinne zu reden, wenn man sich auf einen Neigungswinkel von 13 Grad, also ein objektseitiges Gesichtsfeld von 26 Grad, beschränkt. Die Verzeichnung aber war bei diesem Typus nicht aufgehoben worden, sondern zeigte Abweichungen von einigen Prozent.

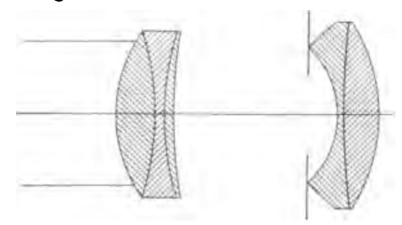


Fig. 2.
J. Petzval: Verkitteter Dialyt. Quelle: M. von Rohr (3.)*).
Reduziert auf $f_D = 100$ mm. Durchgerechnet für 1 : 5,2 und $\omega = 14^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

			$b_1 = 17{,}6$
$r_1 = 19{,}1$			$b_2 = 4{,}0$
$r_2 = 37{,}4$	$d_1 = 5{,}3$	$r_5 = 12{,}3$	
$r_3 = 37{,}5$	$d_2 = 1{,}2$	$r_6 = 103{,}8$	$d_4 = 0{,}8$
$r_4 = 68{,}4$	$d_3 = 1{,}16$	$r_7 = 22{,}9$	$d_5 = 4{,}7$

Glasarten n_D
$L_1 = L_3 = L_4 = 1{,}517$
$L_2 = L_5 = 1{,}575$

*) Bei der hier zugrunde liegenden Rechnung wurde ein etwas größerer Luftabstand $b_1 + b_2$ angenommen, was darauf hinauskommt, daß das System für ein etwas größeres Öffnungsverhältnis korrigiert ist. Die Verkleinerung der Brennweite macht sich in einer geringen Vergrößerung der hier angegebenen Radien gegenüber (3.) kenntlich.

Man muß dazu allerdings bemerken, daß eine geringe Annäherung der Blende an das Positivglied eine Änderung in dem Sinne hervorbringt, daß der Astigmatismus in dem nun etwas größer gewordenen objektseitigen Gesichtsfelde für Strahlen größerer Neigung gehoben ist, daß sich aber dann eine gewisse Bildfeldkrümmung einstellt. Zum Belege mögen die folgenden Zahlen dienen.

Die Einstelldifferenzen gegen die Bildmitte betragen, wenn	$b_1 = 15{,}2$	$b_2 = 6{,}4$ ist,
bei einer Neigung von	$w = 10{,}4^0$	15^0
für die Sagittal- Strahlen	$-0{,}71$	$-0{,}95$
„ „ Tangential- Strahlen	$-1{,}60$	$+0{,}16$
also astigmatische Differenzen von	$-0{,}89$	$+1{,}11$

Über den von Petzval beabsichtigten Korrektionszustand läßt sich in diesen Grenzen nichts weiter aussagen, da das Versuchsexemplar keine feste Blende führte.

Es ist heute nicht mehr zu entscheiden, warum mit diesem ersten, allerdings noch nicht verzeichnungsfreien Anastigmaten anscheinend überhaupt kein ernsthafter Versuch gemacht worden ist, ja, Petzval scheint nicht einmal durch eine Veröffentlichung seine Priorität in der Erledigung der so lange ungelöst gebliebenen

Aufgabe gewahrt zu haben. Das ist um so unbegreiflicher, als es sich hier handelt um die höchst bemerkenswerte Konstruktion eines unsymmetrischen Dublets mit verkitteten Komponenten aus hoch brechendem Flint und niedrig brechendem Kron.

Faßt man zum Schluß seine Leistungen auf dem Gebiete der Optik zusammen, so muß man auch hier seine Vielseitigkeit anerkennen. Wenn auch seine Leistungen in der Beleuchtungstheorie, in der Projektion und im Kamerabau nie eingehend beschrieben wurden, so sind glücklicherweise seine Arbeiten in der Berechnung optischer Systeme, wenn auch nicht in ihrem vollen Umfange, so doch genügend bekannt, um im großen und ganzen seine Ziele erkennen zu lassen.

Seine Verbesserung des holländischen Fernrohrs hat wenigstens zu jener Zeit Anklang gefunden, aber seine hauptsächlichsten Leistungen sind seine photographischen Konstruktionen. Er hat dem Reiche der Präzisionsoptik, das früher nur das Fernrohr und das Mikroskop umfaßte, eine ganze neue Provinz hinzugefügt; denn von einem photographischen Objektiv kann man erst sprechen, seit er die schiefen Büschel zu berücksichtigen lehrte. Was vor ihm oder gleichzeitig mit ihm von geschickten Praktikern des Auslandes hergestellt wurde, das waren doch mehr verbesserte Linsen für die *Camera obscura* nach dem Plane W. H. Wollastons. Wenn er auch keine Formeln mitgeteilt hat, so sind doch seine Objektive Zeugen für die Meisterschaft, mit der er von ihnen Gebrauch gemacht hat: das Porträtobjektiv ist für Einzelaufnahmen auch heute noch von der größten Bedeutung, und der leider erst so spät veröffentlichte „verkittete Dialyt“ (Fig. 2) ist ein erst in später Zeit übertroffenes Meisterstück.

Einrichtung für eine variabele Dämpfung des Horizontalpendels.

Von
O. Hecker in Potsdam.

Um bei der Registrierung von Erdbebenstörungen mittels eines Seismometers die Bewegungen des Bodens möglichst rein dargestellt zu erhalten, ist es erforderlich, die Eigenschwingungen des Instrumentes bis zu einem gewissen Grade zu unterdrücken, also eine Dämpfungseinrichtung anzubringen. Durch die Dämpfung wird außerdem noch erreicht, daß das Instrument Bodenbewegungen von verschiedener Periode gleichmäßiger vergrößert. Schwingungen des Bodens mit nahe derselben Periode, wie die des Seismometerpendels, die von dem ungedämpften Pendel übermäßig vergrößert werden, werden schon bei geringerer Dämpfung in wesentlich richtigerem Maßstabe verzeichnet.

Bezeichnet nämlich $\mathfrak{T}$ die Periode der Bodenbewegung, T die des Pendels bei ausgeschalteter, T^* die Periode des Pendels bei eingeschalteter Dämpfung, ist ferner ε das Dämpfungsverhältnis und τ die Relaxationszeit, d. h. die Zeit, in der die Amplitude der Eigenschwingungen und damit die Nachwirkungen früherer Störungen auf den 2,718 . . . -ten Teil ihres Wertes herabsinkt, so ergeben sich nach Wiechert die Beziehungen

$$T^*/2\,\tau = \log\text{nat}\,\varepsilon \qquad T = T^*/\sqrt{1+\left(\frac{T^*}{2\,\pi\,\tau}\right)^2}$$

und ferner, wenn $\mathfrak{V}$ die Vergrößerung sehr schneller Schwingungen und V die gesuchte Vergrößerung der Bodenbewegung in dem registrierten Diagramm ist,

$$V = \mathfrak{V}/\sqrt{\left[1-\left(\frac{\mathfrak{T}}{T}\right)^2\right]^2+4\left(\frac{T}{2\,\pi\,\tau}\right)^2\left(\frac{\mathfrak{T}}{T}\right)^2}.$$

Die folgende graphische Darstellung (Fig. 1), in der die Abszisse die Periode der Bodenbewegung und die Ordinaten die zugehörige Vergrößerung der Bewegung bezeichnen, gibt für die Dämpfungsverhältnisse 1,1 : 1; 2,5 : 1; 6 : 1 und 10 : 1 die Vergrößerung von Bodenbewegungen zwischen 0 und 35 Sekunden unter Annahme einer Schwingungsdauer des Seismometerpendels von 18 Sekunden und einer 36-fachen Vergrößerung sehr schneller Schwingungen.

Das Diagramm zeigt, wie außerordentlich verschieden die Vergrößerung von Bodenbewegungen je nach ihrer Periode ist. Stimmt z. B. die Periode der Boden-

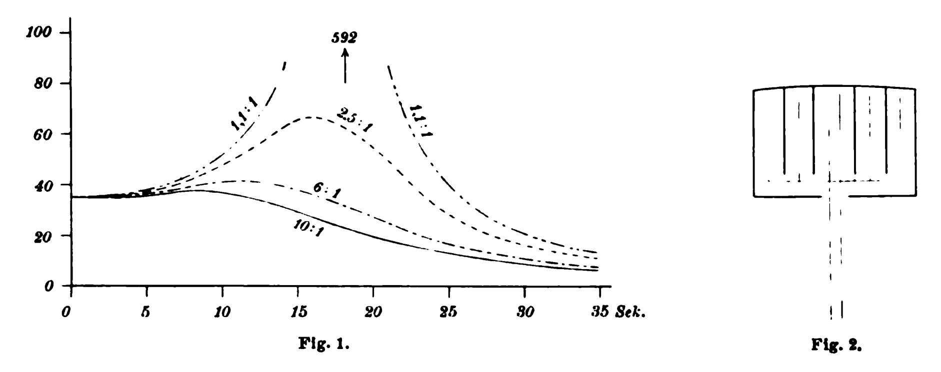


Fig. 1. Fig. 2.

bewegung mit der des Pendels, hier also 18 Sekunden, überein, so wird bei einer Dämpfung der Pendelbewegung von 1,1 : 1 die Bewegung 592-mal vergrößert aufgezeichnet, während nur eine 13-fache Vergrößerung eintritt, wenn die Schwingungsperiode der Bodenbewegung 35 Sekunden beträgt. Bei stärkerer Dämpfung werden die Verhältnisse viel günstiger.

Um bei Horizontalpendeln die Dämpfung innerhalb der Grenzen von 2,5 : 1 bis etwa 12 : 1 beliebig ändern zu können, hat sich die Anwendung der folgenden Einrichtung als zweckmäßig erwiesen, die von dem Institutsmechaniker Hrn. Fechner in Potsdam ausgeführt wurde. Auf das freie Ende des Horizontalpendels wird eine dünne Platte aufgeschoben. An dieser sind sechs sehr dünne Metallblätter von 4×4 *cm* Größe in der in der Skizze (Fig. 2) ersichtlichen Weise befestigt. Zwischen die Blätter dieses Rechens schieben sich die etwas größeren Platten eines festen Rechens, der den beweglichen einschließt. Die Blätter des beweglichen Rechens schwingen also mit geringem Zwischenraum oben und unten in einer Reihe von Luftkammern. Den oberen Verschluß dieser Kammern bildet eine Glasplatte.



Fig. 3.

Damit das Pendel von äußeren Luftströmungen möglichst wenig beeinflußt wird, ist das Dämpfungsgehäuse auch an der dem Pendel zugewendeten Seite durch eine Platte geschlossen, die die erforderlichen Öffnungen hat, welche dem Pendel das Hin- und Herschwingen erlauben. Fig. 3 gibt eine Ansicht des gebrauchsfertigen Apparates. Eine Veränderung der Dämpfung wird dadurch erzielt, daß man die Rechen mehr oder weniger ineinander schiebt, was mittels Schraube und Schlittenführung geschieht. Es wird dadurch der Luft die Zirkulation in den einzelnen Kammern erschwert bezw. erleichtert, was eine größere oder geringere Dämpfung des Pendels zur Folge hat.

Mefsbare Lichtschwächung durch rotierende Prismen und ruhenden Sektor.

Von
Eugen Brodhun.
(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Die großen Vorzüge, die der rotierende Sektor vor anderen Vorrichtungen zur meßbaren Schwächung des Lichtes besitzt, haben zu der Konstruktion von Apparaten geführt, bei denen die Sektorgröße während der Rotation verändert und abgelesen werden kann[1]); aber ein derartiger Apparat ist recht kompliziert. Bei Bemühungen, diesem Mangel abzuhelfen, kommt man leicht zu der Überlegung, daß man viel einfachere Konstruktionen erhält, wenn man, anstatt ein ruhendes Strahlenbündel von einem sich drehenden Sektor kreuzen zu lassen, umgekehrt durch optische Mittel die Lichtstrahlen um einen feststehenden Sektor rotieren läßt. Die dazu nötige rotierende optische Vorrichtung, die das zu schwächende Strahlenbündel aus seiner geradlinigen Bahn ablenkt und wieder in sie zurückführt, kann auf mannigfache Weise aus Spiegeln, Prismen und Linsen zusammengesetzt sein; die im folgenden beschriebene, aus vier spiegelnden Ebenen bestehende, die unter 45° gegen die Achse des zu schwächenden Strahlenbündels geneigt sind, hat den Vorzug, sich in den meisten Fällen bequem in den Strahlengang einfügen zu lassen.

Anordnung und Wirkungsweise.

Die Achse MN (Fig. 1) eines feststehenden Sektorapparates $S_1 S_2$ mit zwei gleichen, einander gegenüberliegenden Ausschnitten dient als Rotationsachse für zwei gleiche, symmetrisch zu $S_1 S_2$ liegende Glasprismen h_1 und h_2, deren Längsschnitte Parallelogramme sind mit Winkeln von 45° bei f_2, f_4, f_5 und f_7. Die den Linien $f_1 f_2$, $f_3 f_4$, $f_5 f_6$ und $f_7 f_8$ entsprechenden Querschnitte sind Quadrate; durch die Mitten der beiden äußersten ($f_1 f_2$ und $f_7 f_8$), die als Ein- und Austrittsfläche für die Lichtstrahlen dienen, geht die Rotationsachse senkrecht hindurch. Man erkennt ohne weiteres, daß ein Lichtstrahl, der in der Achse auf die Eintrittsfläche auftrifft, wenn die Prismen rotieren, die Ebene des Sektors $S_1 S_2$ in einem Kreise schneiden wird, dessen Zentrum in der Rotationsachse liegt. Dieser Strahl wird also genau ebenso geschwächt werden, als ob er ruhte, und der Sektor rotierte.

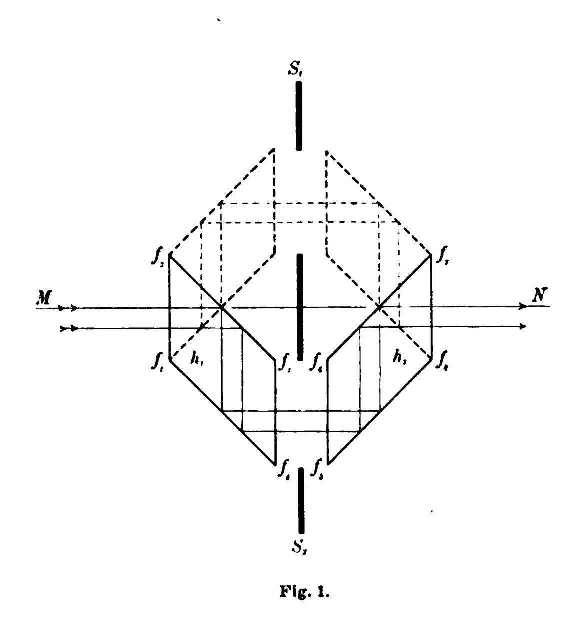


Fig. 1.

Wenn nun aber ein Strahl etwa unterhalb der Achse dieser parallel einfällt, so beschreibt er in der Ebene des Sektors nicht mehr einen Kreis um die Achse.

[1]) Vgl. O. Lummer und E. Brodhun, *diese Zeitschr.* **16.** *S. 299. 1896*; E. Brodhun, *diese Zeitschr.* **24.** *S. 313. 1904.*

Das erkennt man sofort aus Fig. 1, wenn man die punktiert gezeichnete Lage der Prismen, die nach einer Drehung um 180° zustande kommt, betrachtet; denn der Strahl schneidet die Ebene $S_1 S_2$ jetzt in einem Punkte, der näher an der Achse liegt als bei der ersten Lage der Prismen. Weniger übersichtlich als bei der Achse parallelen Strahlen ist der Verlauf, wenn, wie das gewöhnlich der Fall sein wird, die Strahlen unter einer gewissen Neigung gegen die Rotationsachse einfallen. Deshalb ist es nötig, den Strahlengang allgemeiner zu betrachten.

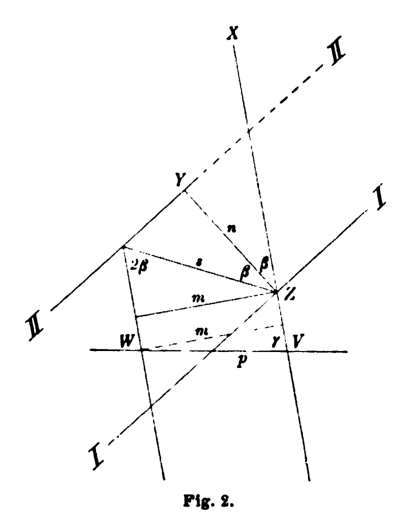


Fig. 2.

Um eine Achse mögen zwei einander parallele Spiegel I und II (Fig. 2), deren senkrechter Abstand voneinander n ist, und die einen Winkel von 45° mit der Achse bilden, mit konstanter Geschwindigkeit rotieren. Ein beliebiger Strahl XZ treffe den ersten Spiegel I in dem Augenblick, wo beide um den Winkel φ aus der Nullstellung herausgedreht sind, im Punkte Z. Ist dann ZY das Lot auf den Spiegeln in Z, so gehen beide Reflexionen in der Ebene der Geraden ZX und ZY vor sich. Der Strahl erfährt in dieser Ebene eine Parallelverschiebung, deren Größe gemessen durch den senkrechten Abstand beider Lagen des Strahls voneinander m sei. Setzt man $\measuredangle XZY = \beta$ und ist s die Länge des Strahls zwischen den beiden Spiegeln, so ergibt sich

$$\frac{n}{s} = \cos\beta$$

und

$$\frac{m}{s} = \sin 2\beta\,,$$

also

$$m = \frac{n \sin 2\beta}{\cos\beta}$$

$$m = 2n\sin\beta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

Wichtiger ist in unserem Falle aber die Größe dieser Parallelverschiebung gemessen in einer bestimmten zur Rotationsachse senkrechten Ebene, nämlich der Sektorebene, oder besser der Abstand des Punktes V, in dem der verlängerte Strahl XZ die Sektorebene treffen würde, von dem Punkte W, in dem der verschobene Strahl diese Ebene trifft. Mit der Geraden VW, in der die Sektorebene von der Ebene der Geraden XZ und YZ geschnitten wird, bilde der Strahl XZ den Winkel γ; dann ergibt sich die Größe $VW = p$ aus

$$\frac{m}{p} = \sin\gamma$$

nach 1) zu

$$p = \frac{2n\sin\beta}{\sin\gamma} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

Die Winkel β und γ hängen für eine bestimmte Richtung des Strahls XZ nur von φ ab. Ändert sich φ von 0° bis 360°, so wandert W und beschreibt um V eine Kurve. Für gleiche φ und gleiche Richtungen der Strahlen XZ erhält man in Richtung und Größe gleiche p. Daraus folgt, daß unter sich parallel einfallende Strahlen in der Sektorebene bei der Rotation der Spiegel gleiche, nur der Lage nach verschiedene Kurven beschreiben. Wir wissen nun, daß ein in der Rotationsachse

eintretender Strahl einen Kreis mit dem Radius $n\sqrt{2}$ in der Sektorebene beschreibt. Mithin beschreiben alle der Achse parallel auffallenden Strahlen in der Sektorebene Kreise von dem Radius $n\sqrt{2}$, deren Zentren in der Verlängerung des einfallenden Strahles liegen, also im allgemeinen nicht in die Rotationsachse fallen.

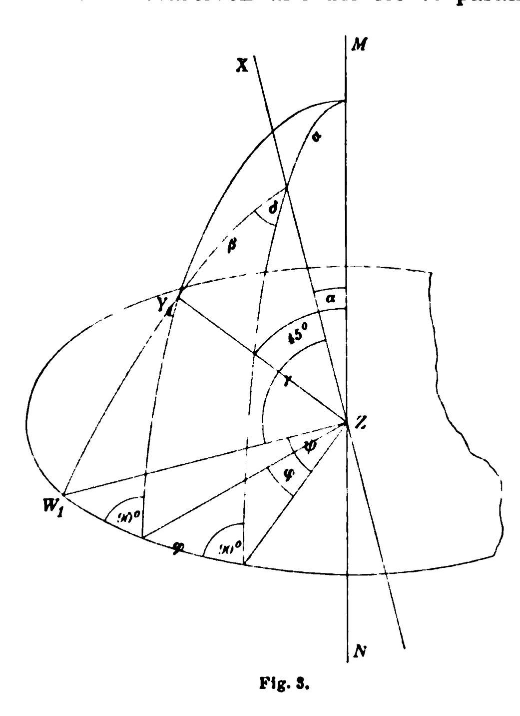


Fig. 3.

Wir betrachten nun einen Strahl XZ (Fig. 3), der nicht der Rotationsachse parallel ist. Der Einfachheit wegen nehmen wir an, daß er den ersten Spiegel in dem Punkte Z trifft, in dem die Rotationsachse MN durch den Spiegel hindurchgeht, und legen durch denselben Punkt die Sektorebene. In Wirklichkeit kann freilich der Sektor nicht in dieser Ebene angebracht werden, aber da der zweimal reflektierte Strahl eine Zylinderfläche beschreibt, ist die Form und Größe der ausgeschnittenen Kurve für parallele Schnittebenen die gleiche. Ferner sei die Ebene von Strahl und Rotationsachse die Nullebene für die Spiegeldrehung, ZY_1 das Lot auf den Spiegeln in Z und ZW_1 die Richtung von p.

Nun ist, wenn wir $\measuredangle MZX = \alpha$ setzen und den Winkel, den die Nullebene mit der Ebene der Reflexionen bildet, δ nennen,

$$\frac{\sin\delta}{\sin 45^0} = \frac{\sin\varphi}{\sin\beta}$$

und

$$\cos\delta = \operatorname{cotg}\alpha \operatorname{cotg}\gamma,$$

also nach Elimination von δ

$$1 = \frac{\sin^2\varphi}{2\sin^2\beta} + \operatorname{cotg}^2\alpha \operatorname{cotg}^2\gamma.$$

Das kann man umwandeln in

$$\sin^2\beta = \frac{\sin^2\alpha\sin^2\varphi}{2} + \frac{\sin^2\beta}{\sin^2\gamma}\cos^2\alpha$$

oder nach 2) in

$$\sin^2\beta = \frac{\sin^2\alpha\sin^2\varphi}{2} + \frac{p^2}{4n^2}\cos^2\alpha$$

Weiter ist nach Fig. 3

$$\cos\beta = \frac{1}{2}\sqrt{2}\,(\cos\alpha + \sin\alpha\cos\varphi),$$

also

$$\cos^2\beta = \frac{1}{2}(\cos\alpha + \sin\alpha\cos\varphi)^2.$$

Die Elimination von β ergibt dann

$$1 = \frac{1}{2} + \sin\alpha\cos\alpha\cos\varphi + \frac{p^2}{4n^2}\cos^2\alpha$$

oder

$$p^2 + 4n^2\operatorname{tg}\alpha\cos\varphi - \frac{2n^2}{\cos^2\alpha} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 3)$$

Diese Gleichung gibt die Größe p als Funktion der Spiegeldrehung φ. Um die Kurve zu erhalten, die der zweimal reflektierte Strahl in der Sektorebene um die Verlängerung des Strahles beschreibt, muß statt φ der Winkel ψ eingeführt werden, den die Schnittlinie $Z W_1$ (oder p) mit der Nullrichtung in der Sektorebene bildet.

Es ist nach Fig. 3

$$-\sin\beta\cos\delta = \frac{1}{2}\sqrt{2}\,(\sin\alpha - \cos\alpha\cos\varphi)$$

oder

$$-\sqrt{2}\sin\beta\frac{\cos\delta}{\cos\alpha} = \operatorname{tg}\alpha - \cos\varphi$$

und

$$\frac{\cos\delta}{\cos\alpha} = \frac{\cos\psi}{\sin\gamma},$$

also

$$-\sqrt{2}\frac{\sin\beta}{\sin\gamma}\cos\psi = \operatorname{tg}\alpha - \cos\varphi,$$

mithin

$$\cos\varphi = \sqrt{2}\frac{\sin\beta}{\sin\gamma}\cos\psi + \operatorname{tg}\alpha$$

$$= \frac{p}{n\sqrt{2}}\cos\psi + \operatorname{tg}\alpha.$$

Setzt man diesen Wert in 3) ein, so wird

$$p^2 + 2\sqrt{2}\,n\operatorname{tg}\alpha\cdot p\cdot\cos\psi + 4n^2\operatorname{tg}^2\alpha - \frac{2n^2}{\cos^2\alpha} = 0$$

oder schließlich

$$p^2 + 2\sqrt{2}\,n\operatorname{tg}\alpha\cdot p\cdot\cos\psi - 2n^2(1-\operatorname{tg}^2\alpha) = 0 \quad\ldots\ldots\quad 4)$$

Das ist die Gleichung eines Kreises, dessen Zentrum auf der Polarachse liegt.

Indem man $\psi = 0$ und $\psi = 180^0$ setzt, erhält man

$$p_0 = n\sqrt{2}\,(1-\operatorname{tg}\alpha)$$

und

$$p_{180} = n\sqrt{2}\,(1+\operatorname{tg}\alpha).$$

Mithin ist der Abstand des Poles Z vom Kreiszentrum

$$\frac{p_{180}-p_0}{2} = n\sqrt{2}\operatorname{tg}\alpha$$

und der Radius

$$\frac{p_{180}+p_0}{2} = n\sqrt{2}.$$

Also auch in diesem Falle erhält man Kreise mit dem Radius $n\sqrt{2}$; ihre Zentren liegen im allgemeinen nicht in der Rotationsachse und nicht in der Verlängerung des Strahles.

Aus Fig. 4 folgt, wenn φ_1 der zu ψ gehörige Zentriwinkel des Kreises ist

$$\frac{\sin\varphi_1}{\sin\psi} = \frac{p}{n\sqrt{2}}.$$

Nach Fig. 3 ist

$$\frac{\sin\delta}{\frac{1}{2}\sqrt{2}} = \frac{\sin\varphi}{\sin\beta}$$

und

$$\sin\delta = \frac{\sin\psi}{\sin\gamma},$$

also

$$\frac{\sin\varphi}{\sin\psi} = \frac{\sin\beta}{\frac{1}{2}\sqrt{2}\sin\gamma}$$

oder nach 2)

$$= \frac{p}{n\sqrt{2}}.$$

Somit ist $\varphi = \varphi_1$. Wenn also φ, wie angenommen wird, mit konstanter Geschwindigkeit zunimmt, tut dies auch φ_1. Der zweimal reflektierte Strahl beschreibt also dann in der Sektorebene seine Kreisbahn mit konstanter Geschwindigkeit.

Da nach dem Früheren die für den betrachteten Strahl gewonnenen Resultate außer der auf die Lage des Zentrums bezüglichen auch für ihm parallele Strahlen gelten, so haben wir allgemein das Ergebnis: Wenn die Spiegel mit konstanter Geschwindigkeit rotieren, so beschreiben alle irgendwie auf den ersten Spiegel fallenden Strahlen in der Sektorebene mit konstanter Geschwindigkeit gleich große Kreise, deren Radius $n\sqrt{2}$ ist und deren Zentren im allgemeinen nicht in der Rotationsachse liegen.

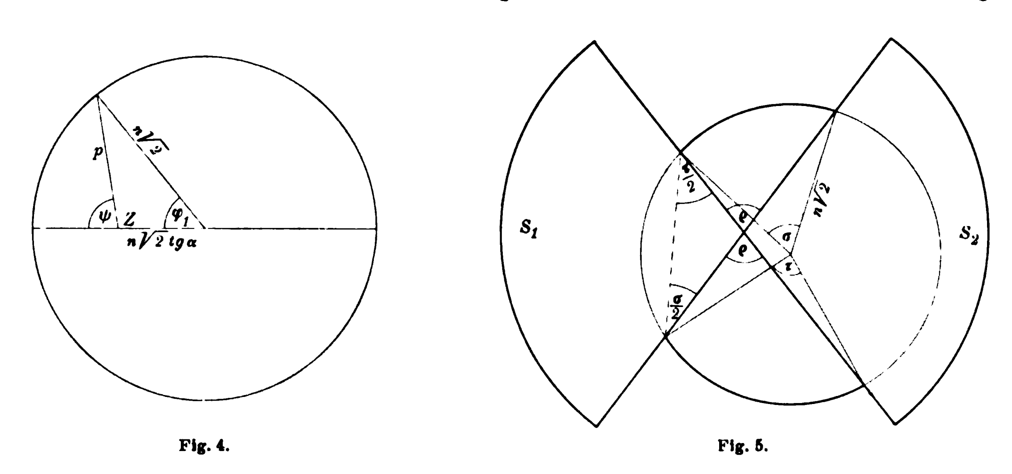


Fig. 4. Fig. 5.

Dadurch, daß bei dem Apparat in Wirklichkeit nicht Spiegel, sondern totalreflektierende Prismen benutzt werden, wird an dem Ergebnis nichts geändert. Die angestellten Betrachtungen gelten dann zunächst für die Glassubstanz, und es folgt daraus, daß die Strahlen in der Austrittsebene des ersten Prismas Kreise beschreiben, die Schnitte von Zylinderflächen sind. Dadurch, daß dann bei dem Austritt aus dem Glase alle die Zylinderfläche bildenden Geraden um denselben Winkel gebrochen werden, entsteht eine andere Zylinderfläche, die ebenfalls die Eigenschaft hat, daß ihre Schnitte in der Austrittsfläche parallelen Ebenen, wie es die Sektorebene ist, Kreise sind.

Stellt nun in Fig. 5 $S_1 S_2$ den Sektor dar, dessen Winkelgröße für jede der beiden Öffnungen ϱ sei, und ist um einen beliebig gelegenen Punkt ein Kreis mit dem Radius $n\sqrt{2}$ beschrieben, aus dem die beiden Sektorausschnitte durch σ und τ gemessene Bögen ausschneiden mögen, so ist stets, wenn die Sektorachse innerhalb des Kreises liegt (eine Bedingung, die praktisch immer erfüllt ist),

$$\varrho = \frac{\sigma}{2} + \frac{\tau}{2},$$

also

$$\sigma + \tau = 2\varrho.$$

Mithin schneidet der Sektor bei der Einstellung ϱ aus allen von den einfallenden Strahlen beschriebenen Kreisen dem Winkel 2ϱ gleiche Kreisbögen aus. Dies Resultat gilt aber nur, wenn je zwei gleiche, einander gegenüberliegende Sektorausschnitte vorhanden sind.

Während es also bei dem rotierenden Sektor gleichgültig ist, ob ein oder mehrere Ausschnitte vorhanden sind, und man zwei einander gegenüberliegende gleiche nur wählt, um leicht eine gleichmäßige Rotation zu erzielen und nicht zu große Geschwindigkeiten zu brauchen, sind bei der beschriebenen Vorrichtung gleiche und einander gegenüberliegende Ausschnitte Bedingung für die richtige Messung. Während ferner aus einem ausgedehnten Strahlenbündel bei dem gewöhnlichen rotierenden Sektor die wirksamen Bögen aus verschieden großen Kreisen mit demselben Zentrum herausgeschnitten werden, werden sie hier aus gleich großen Kreisen mit verschieden liegenden Zentren herausgeschnitten.

Beschreibung des Apparats.

Eine Ansicht des Apparats, wie er von der Firma Franz Schmidt & Haensch in Berlin ausgeführt wird, ist in Fig. 6 gegeben; Fig. 8 zeigt in ihrem mittleren Teile die innere Einrichtung.

In einer von der Säule A getragenen Metalltrommel B mit den abnehmbaren Deckeln E und F sind die rotierenden Prismen und der Sektor eingebaut. Das Lager für die Rotationsachse b ruht in zwei runden, mit geeigneten Öffnungen versehenen Metallscheiben, von denen die eine zugleich die festen Sektorschneiden trägt. Die drehbare Sektorscheibe, an der auch der Teilkreis befestigt ist, wird mit Hülfe des Griffes D zum Zwecke der Einstellung bewegt. Die Achse b trägt die Schnurscheibe c[1]) und an ihren Enden zwei mit Öffnungen versehene Metallscheiben, auf denen die rotierenden Reflexionsprismen h_1 und h_2 sowie zwei Gegengewichte aus Glas g_1 und g sitzen. Die Schutzkappen d_1 und d_2 dienen hauptsächlich zur Verminderung des Luftwiderstandes bei der Rotation.

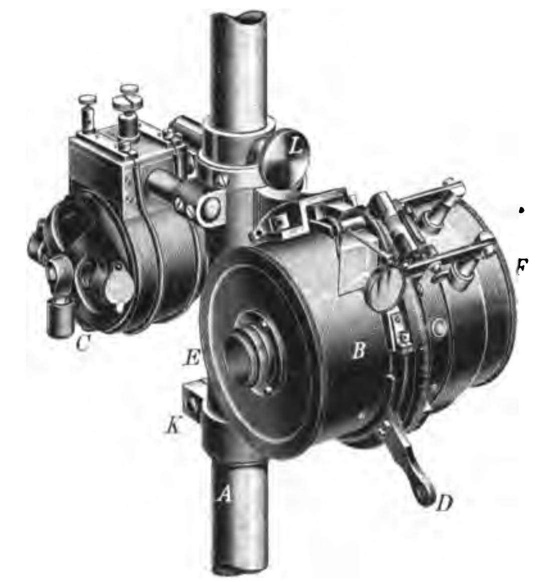


Fig. 6.

Die größte Öffnung des Sektors beträgt wie bei dem in *dieser Zeitschr.* 24. *S. 313. 1904* beschriebenen rotierenden Sektor und mit Hülfe einer ähnlichen Vorrichtung, wie dort angegeben, mehr als zwei Quadranten (über zweimal 100 Kreisgrade). Die Schneiden sind auch hier justierbar angesetzt. Jeder Quadrant des Teilkreises ist in 100 Teile geteilt. Die beiden, um einen Quadranten voneinander entfernten Nonien, die zehntel Teilstriche angeben, sind an B befestigt. Bequeme Ablesung wird durch eine auf B aufsteckbare, mit einer kleinen Glühlampe ausgestattete Beleuchtungsvorrichtung mit Lupe

[1]) Bei einer anderen Ausführung desselben Apparats durch die Firma Schmidt & Haensch ist mit Vorteil für die Leichtigkeit der Rotation die Achse wesentlich dünner gehalten und die Schnurscheibe zwischen die Lager gelegt.

ermöglicht. Die vom Nonius ausgehenden Lichtstrahlen fallen zunächst auf einen Spiegel und dann durch ein totalreflektierendes Prisma auf die Lupe. Prisma und Lupe lassen sich um eine zum Teilkreise senkrechte Achse drehen.

Die Rotation geschieht durch einen kleinen Elektromotor von Siemens & Halske zu 110 Volt und 0,01 PS., der zugleich als Gegengewicht wirkt. Mit Hülfe der Klemmen *K* und *L* kann der Apparat in jeder Höhe der Säule *A* um diese drehbar befestigt werden.

Es ist klar, daß die Prismen, wenn an den Apparat hohe Anforderungen gestellt werden, sehr gut gearbeitet sein müssen. Die für die Reflexion und den Durchgang des Lichtes dienenden Flächen müssen gut eben geschliffen sein. Geringe Fehler in den Winkeln kann man unschädlich machen, wenn man durch gemeinsame Bearbeitung der aneinander gekitteten Prismen dafür sorgt, daß beide die gleichen Winkelfehler haben, und dann durch geeignete Anordnung im Apparat bewirkt, daß der Einfluß der Fehler des einen Prismas durch die des anderen aufgehoben wird. In den allermeisten Fällen schaden aber kleine Fehler der Prismen und ihrer Justierung nicht, denn gewöhnlich werden gleichmäßig beleuchtete Flächen durch den Apparat hindurch abgebildet, und da sind kleine Schwankungen des Bildes bei der Rotation der Prismen nicht von Nachteil. Die Justierung kann man kontrollieren, indem man mit einem Fernrohr durch den Apparat nach einer Schrift sieht; diese darf sich bei langsamer Drehung der Prismen nicht bewegen. Zum Zwecke der Säuberung der für den Strahlengang in Betracht kommenden Flächen lassen sich die Prismen bequem abschrauben.

Um den Einfluß von etwaigen Mängeln und Justierungsfehlern festzustellen, wurde der Apparat in der Weise geprüft, daß auf einer geraden Photometerbank mit Kontrastphotometer und zwei gut einregulierten Glühlampen auf der einen Seite ein gewöhnlicher rotierender Sektor, auf der anderen der Prismenapparat eingeschaltet wurde. Darauf wurde der rotierende Sektor auf 90°, der Prismenapparat auf 90 Teilstriche gestellt und durch Verschieben des Photometeraufsatzes Gleichheit hergestellt. Sodann wurden Einstellungen am Prismenapparat ausgeführt, nachdem am rotierenden Sektor nacheinander die Winkel 80°, 70°, 60° u. s. f. bis 10° eingestellt waren. Dabei ergaben sich als Mittel aus je mindestens 10 Ablesungen die Werte

rotierender Sektor	Prismenapparat
80°	79,94 Teilstriche
70°	70,11 "
60°	59,73 "
50°	50,04 "
40°	39,95 "
30°	30,01 "
20°	20,04 "
10°	10,00 "

Tragbares Photometer.

Man kann die beschriebene Lichtschwächungsvorrichtung zu einem Photometer[1]) vervollständigen, wie es in Fig. 7 in perspektivischer Ansicht, in Fig. 8 im Durchschnitt abgebildet ist, indem man an Stelle der Deckel *E* und *F* mit Hülfe der Schrauben *z* und *y* die Metallkapseln *G* und *H* an *B* befestigt, von denen die erstere die photometrische Vergleichsvorrichtung, letztere die Vergleichslichtquelle trägt.

---

[1]) Eine etwas abweichende Photometerkonstruktion mit rotierenden Prismen, die als Straßenphotometer bezeichnet wurde, weil sie speziell für photometrische Messungen im Freien bestimmt war, ist gleichfalls von der Firma Schmidt & Haensch ausgeführt worden. Vgl. die Preisverzeichnisse der Firma und L. Bloch, *Elektrotechn. Zeitschr.* **26.** *S. 1051. 1905.*

In symmetrischer Anordnung sind an G und H zwei gleiche quadratische Kästen v und w angeschraubt mit um eine horizontale Achse drehbaren Tuben s und t, deren Neigung gegen die Horizontalebene an Teilkreisen abgelesen werden kann, und die die Photometerschirme n_1 und n_2 enthalten. In v befindet sich der Photometerwürfel q_2 für Gleichheit und Kontrast, der durch die Lupe x beobachtet werden kann. Über

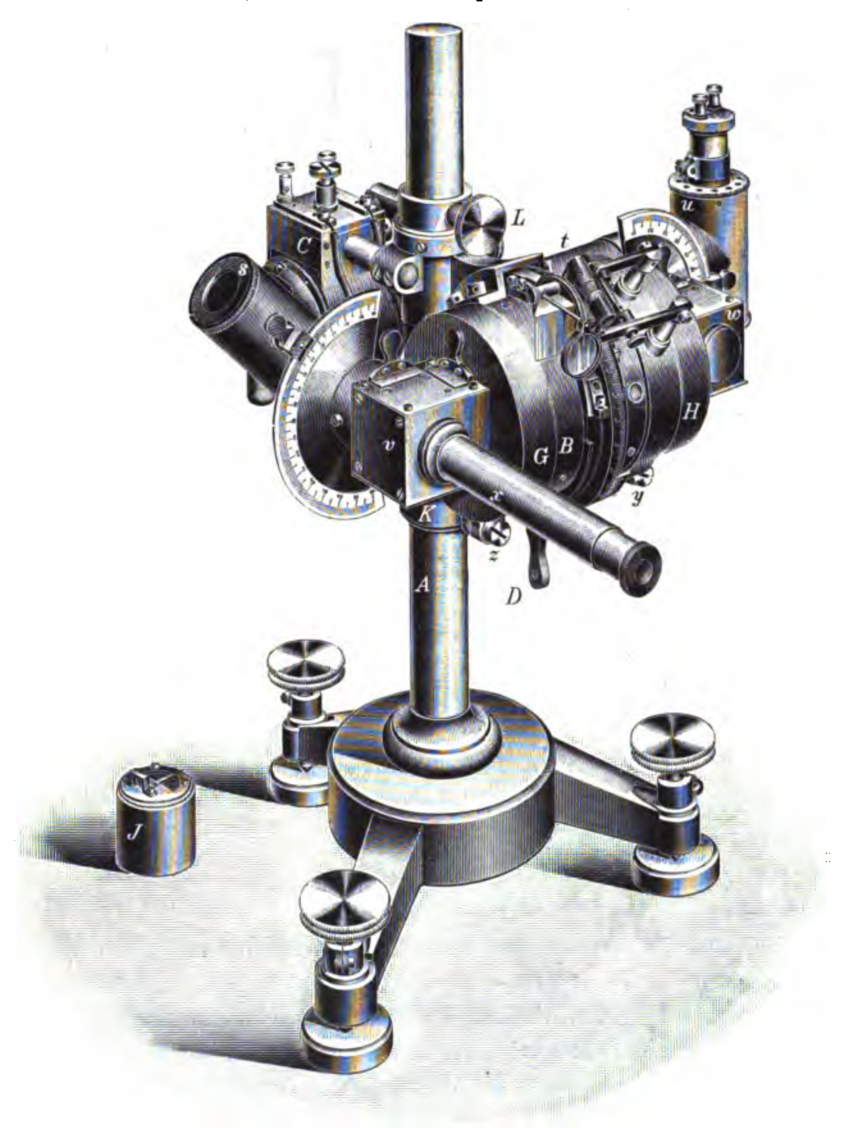


Fig. 7.

den Tubus t kann ein festklemmbares Rohr mit einem Gehäuse u geschoben werden, das die Vergleichslichtquelle e, eine kleine Metallfadenlampe, enthält.

Die Photometerschirme sind kleine runde Gipsplättchen von 10 *mm* Durchmesser. Die von dem durch die Vergleichslichtquelle erhellten Plättchen n_1 ausgehenden Strahlen durchlaufen die totalreflektierenden Prismen p_1 und q_1, die Linse l_1 sowie die Lichtschwächungsvorrichtung, werden im Würfel q_2 reflektiert und gelangen durch die Lupe x mit der Linse l_3 ins Auge. Dementsprechend gehen die von der zu messenden Lichtquelle auf n_2 treffenden Strahlen von n_2 aus durch das Prisma p_2,

die Linse l_2 und den Würfel q_2 hindurch in die Lupe x. Die Schirme n_1, n_2 und der Okulardeckel o liegen in den Brennebenen der Linsen l_1, l_2 und l_3. Die Photometerschirme werden also in o abgebildet.

Für die Messung von Flächenhellen und Beleuchtungsstärken kann der Tubus s durch einen anderen ersetzt werden, der an Stelle von p_2 und n_2 ein rechtwinkliges Prisma enthält, welches das von einer diffus leuchtenden Fläche ausgehende Licht durch den Würfel hindurch in das Auge gelangen läßt. Zur Veränderung des Meßbereichs kann man bei i_1, i_2, i_3 von außen absorbierende Platten einschieben.

Die äußere Justierung des Photometers kann mit einer Libelle geschehen. Zunächst stellt man mit Hülfe der Fußschrauben die Säule A vertikal, dann durch Drehen der Deckel G und H die Teilkreise an den Tuben s und t; schließlich werden

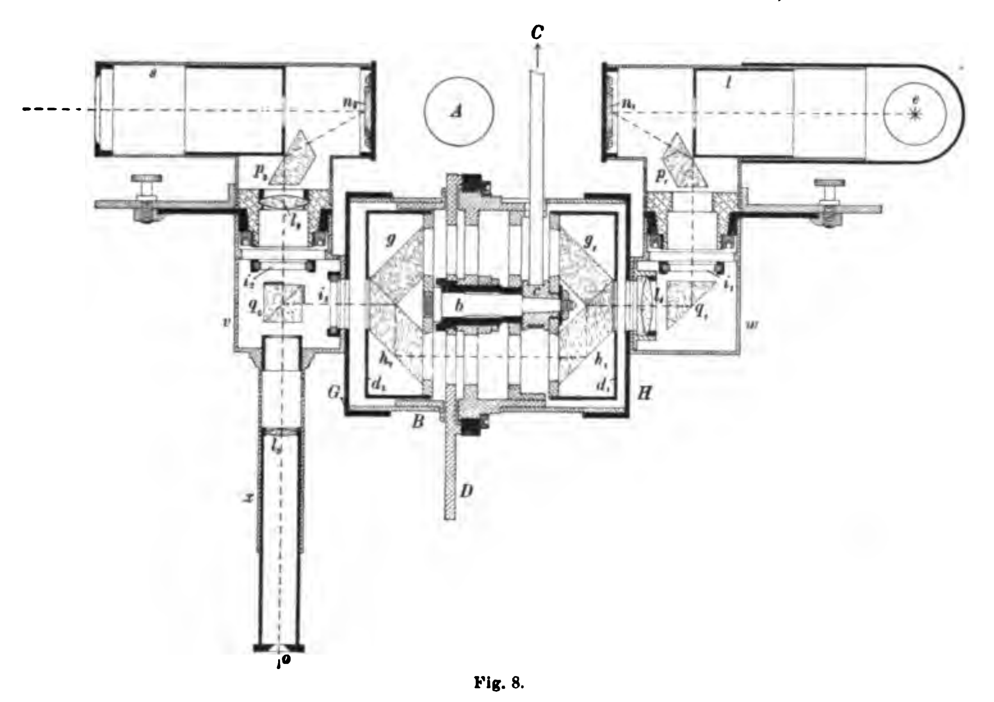


Fig. 8.

die Indizes an diesen Teilkreisen so eingestellt, daß sie auf 90° nach unten weisen, wenn die Rückseiten der Schirme n_1 und n_2 horizontal liegen. Die innere Justierung wird durch Schrauben bewirkt, die sich an den Fassungen der Prismen p_1, p_2, q_1 und q_2 befinden. Diese werden so gerichtet, daß sich die Mitten von n_1 und n_2 in der Mitte von o abbilden. Wird dann die Öffnung des Okulardeckels o beleuchtet, so sieht man ihre Bilder mitten auf n_1 und n_2.

Die Justierung der zu messenden Lampe zum Tubus s geschieht mit Hülfe der auch als Staubschutz dienenden Kappe J (Fig. 7, links unten), die auf s aufgesetzt wird. Diese Kappe trägt oberhalb ihrer Glasdecke ein Metallkreuz, dessen Schatten bei richtiger Stellung der Lichtquelle mitten auf dem Schirme n_2 liegen muß. Durch das kleine oben auf J angebrachte totalreflektierende Prisma kann man den Schatten beobachten.

Anwendung.

So allgemein anwendbar wie der rotierende Sektor ist der Apparat mit den rotierenden Prismen natürlich nicht, denn der erstere läßt sich überall in den Strahlengang bringen, ohne diesen im geringsten zu ändern. Da aber der beschriebene Licht-

schwächungsapparat wie eine planparallele Glasplatte wirkt, läßt auch er sich in den meisten Fällen leicht verwenden, und er hat den Vorzug einer außerordentlich bequemen Einstellung und Ablesung. Besonders häufig ist er in Verbindung mit dem Lummer-Brodhunschen Spektralphotometer benutzt worden, das als einzige, in bezug auf Genauigkeit nicht immer ausreichende Meßvorrichtung die Mikrometerschrauben der Kollimatorspalte besitzt. Nach Einfügung von Linsen mit geeigneter Brennweite in die Deckel E und F (Fig. 6) wird der Apparat so zwischen den einen Kollimatorspalt C_1 und die Lichtquelle gebracht, daß diese in C_1 deutlich abgebildet wird.

Man kann dann z. B. bei Absorptionsmessungen bequem folgendermaßen verfahren. Bevor die absorbierende Substanz zwischen die zweite Lichtquelle und den anderen Kollimatorspalt C_2 geschoben wird, bringt man den Prismenapparat auf den Teilstrich 100 und bewirkt dann mit der Schraube von C_1 Gleichheit der Photometerfelder, am besten, indem man eine größere Anzahl Einstellungen macht und das Mittel der Ablesungen an der Schraubentrommel einstellt. Nun fügt man die absorbierende Substanz hinter C_2 ein und macht Einstellungen am Sektor. Das Mittel gibt dann ohne Rechnung die gesuchte Größe. Ist das Mittel z. B. 26,3, so läßt die absorbierende Substanz 26,3 % des auffallenden Lichtes hindurch.

Für den Fall, daß das Licht sehr stark geschwächt wird, sodaß man bei dem beschriebenen Verfahren zu sehr kleinen Winkeln des Sektors kommen würde, ist es vorteilhaft, noch zwei Hülfssektoren mit festem Ausschnitt bereit zu haben, die das Licht auf 0,1 und 0,01 schwächen. Man verfährt dann ebenso wie vorher, fügt aber bei der Einstellung am Spalt von C_1 hinter C_2 den einen Hülfssektor ein und ersetzt diesen bei der Messung durch die zu untersuchende Substanz. Ist die Einstellung wieder 26,3, so läßt die Substanz jetzt 2,63% des auffallenden Lichtes hindurch, wenn vorher der auf 0,1 schwächende Hülfssektor eingeschaltet war, dagegen nur 0,263 %, wenn der andere Hülfssektor benutzt wurde.

Schwierigkeiten macht bei derartigen Messungen häufig die mangelhafte Konstanz der Lichtquellen. Man kann aber die Anordnung mit Hülfe von Linsen und Prismen so treffen, daß beide Kollimatorspalte durch dieselbe Lichtquelle erleuchtet werden.

Ähnlich wie bei Absorptionsbestimmungen kann man bei Reflexionsbestimmungen an spiegelnden Flächen verfahren. Man liest dann direkt das Reflexionsvermögen in Prozenten am Sektor ab.

Der Hauptvorzug des beschriebenen tragbaren Photometers vor anderen derartigen Apparaten liegt ebenfalls in der den zu messenden Größen proportionalen Teilung der Meßvorrichtung. Man kann dadurch auch hier häufig die Einrichtung so treffen, daß jede Rechnung fortfällt. Hat man z. B. die Lichtstärke der Vergleichslichtquelle e so einreguliert, daß der Nonius auf 100 steht, wenn bei einer Beleuchtungsstärke von 100 Lux in n_2 gleiche Helligkeit der Photometerfelder besteht, so liest man für jede in 1 m Abstand von n_2 aufgestellte Lichtquelle die Lichtstärke in HK direkt an der Teilung ab. Wenn man sehr verschiedene Lichtstärken zu mitteln hat, wie das häufig vorkommt, z. B. bei der Bestimmung der mittleren Lichtstärke für einen bestimmten Ausstrahlungswinkel einer Lichtquelle gegen eine Nullebene, so kann man hier die einzelnen Ablesungen direkt benutzen, während man etwa bei Polarisationsphotometern oder bei Verwendung der geraden Photometerbank die einzelnen Lichtstärken für jede Ablesung erst berechnen muß. Für die Feststellung der räumlichen Lichtverteilung findet deshalb in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ein Photometer mit rotierenden Prismen gewöhnlich Verwendung.

Will man die Lichtschwächungsvorrichtung anstatt auf der Seite der Vergleichslichtquelle auf der der zu messenden Lampe benutzen, so braucht man nur das Gehäuse *u* für die Lampe *e* von dem Tubus *t* auf den Tubus *s* zu setzen.

Da die Achsen der Tuben *s* und *t* in jeder Lage in derselben Ebene liegen, in der auch die Achse des Trägers *A* liegt, und bei horizontaler Lage eine Gerade bilden, kann man das Photometer auch mit Vorteil auf einer geraden Photometerbank verwenden. Man muß dazu die Säule *A* auf dem Photometerwagen anschrauben und die gemeinsame Achse der horizontal gestellten Tuben *s* und *t* in die Achse der Photometerbank bringen. Nimmt man dann das Gehäuse *u* mit der Vergleichslichtquelle *e* fort, so kann der Apparat als ein sehr vielseitig verwendbarer Photometeraufsatz dienen.

Referate.

Zwei Mitteilungen über das Prismenastrolabium.

Von A. Claude und L. Driencourt. Broschüre. gr. 8°. 18 S. m. 4 Taf. Versailles, Gérardin 1906.

Diese auf der 15. Konferenz der internationalen Erdmessung in Budapest im September 1906 gemachten beiden Mitteilungen betreffen: 1. die Bestimmung des Längenunterschieds zwischen Paris und Brest mit Hülfe des Prismenastrolabiums und des Telephons und 2. das Prismenastrolabium großen Modells.

Über das Instrument selbst und auch über die unter 1. genannte Arbeit ist hier bereits mehrfach berichtet (vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 308, 338. 1906*). Der Ref. kommt bei Gelegenheit dieser Broschüre auf das Instrument zurück, weil es seit 1903, wo Oberst Bourgeois der Kopenhagener Erdmessungskonferenz darüber berichtete, wesentliche Verbesserungen erfahren hat. Die Herstellung ist aus den Händen von Vion in die von Jobin übergegangen. Die Prismen sind jetzt vorzüglich, die Winkel und die parallele Lage der Kanten zeigen eine Genauigkeit von weniger als 2″, sodaß man über die Fernrohrvergrößerung 75 bis 80 des „mittlern" oder „geodätischen" Modells noch wesentlich hinausgehen konnte. Ebenso wichtig ist, daß man bei den neuen Instrumenten von Jobin nichts mehr zu befürchten hat für die tatsächliche Konstanz des Höhenparallels, in dem die Sterndurchgänge beobachtet werden, soweit die Justierung des Instruments in Betracht kommt oder wegen der Dunkelheit des Gesichtsfeldes. Der rechte Winkel zwischen der Prismenkante und der optischen Achse des Fernrohrs kann jetzt jeden Augenblick, mitten in der Beobachtung, geprüft werden mit Hülfe eines Autokollimator-Okulars, durch das vorübergehend das Beobachtungsokular ersetzt wird. Jenes Hülfsokular ist ein Mikroskop mit einem unter 45° geneigten Spiegelglas vor seinem Objektiv; man kann damit leicht die Vertikalfäden des groben Fadenkreuzes berichtigen, während die Horizontalfäden nur ganz beiläufig richtig zu stehen brauchen. Ferner kann man jetzt die Orientierung des Fernrohrs (Zielrichtung im azimutalen Sinn) noch unmittelbar vor dem Augenblick der Bilderkoinzidenz berichtigen, sodaß diese sicher in dem vertikalen Streifen stattfindet, wo sie eintreten soll. Man kann damit in der Tat durch die neuen Instrumente *sehr genau gleiche* Sternhöhen beobachten.

Eine Vorführung des Instruments durch Hrn. Claude selbst am Abend des 19. September 1906 auf der Naturforscherversammlung in Stuttgart (nach vorausgegangenem Vortrag von Hrn. Driencourt am 17. September) hat den Ref. und zahlreiche andere Anwesende von der außerordentlichen Bequemlichkeit der Beobachtung überzeugt. Es lassen sich in einer Stunde die Durchgänge von bis zu 40 Sternen durch *denselben* Höhenparallel, nahe bei 60°, beobachten, wobei nur jedesmal die Chronometerangabe für den Augenblick der Koinzidenz der zwei in entgegengesetztem Sinn sich bewegenden Sternbilder zu notieren ist, und man hat damit nach kurzer *graphischer* Ausgleichung die Breite auf wenige Zehntel der Sekunde und mit entsprechender Genauigkeit die Ortszeit.

Eine Abbildung[1]) des Instruments mittleren Modells mit 80-facher Vergrößerung des Fernrohrs, sodaß also die zwei Sternbilder sich mit einer relativen Geschwindigkeit bewegen, die 160-facher Vergrößerung entspricht, ist nach Tafel II der besprochenen Schrift hier beigefügt (Fig. 1); an der Hand dieser Figur mag über die konstruktive Ausführung des Instruments noch folgendes bemerkt sein. Vor das Objektiv des horizontal liegenden Fernrohrs *A A* ist ein Prisma *C* mit gleichseitigem Querschnitt so gesetzt, daß die eine Seitenfläche des Prismas vertikal steht und seine Kanten horizontal und senkrecht zur optischen Achse des Fernrohrs

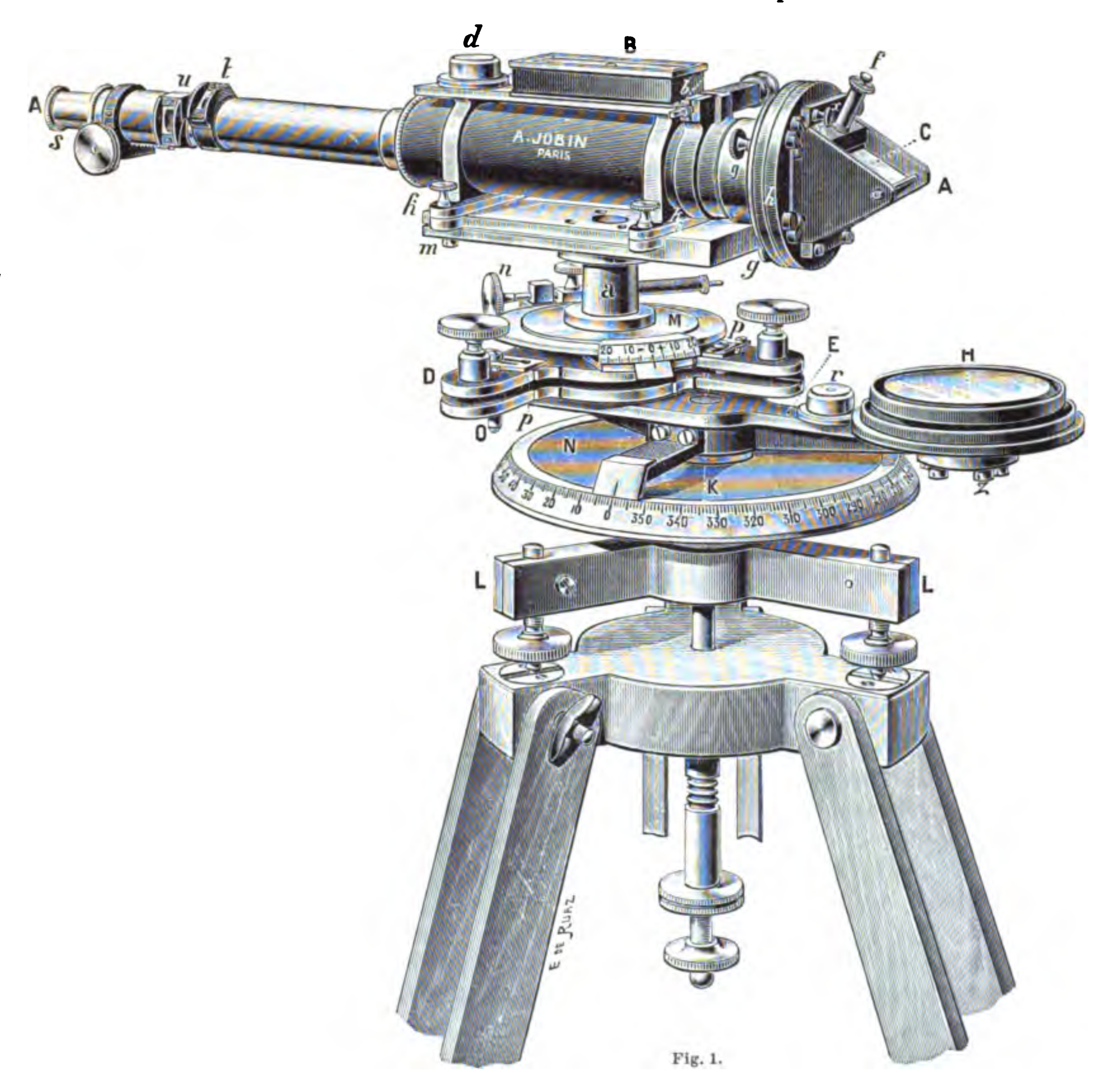


Fig. 1.

liegen (vgl. Fig. 2). Etwas vor dem Prisma und tiefer befindet sich der Quecksilberhorizont *H*. Von einem Stern in 60° Höhe sieht man im Gesichtsfeld des Fernrohrs zwei Bilder, von denen das eine einmal an der untern Seitenfläche des Prismas, das andere aber je einmal am Quecksilberhorizont und an der obern Seitenfläche des Prismas umgekehrt wird (während beide zusammen nochmals durch das Fernrohr umgekehrt werden). Das eine Bild des Sterns steigt also im Gesichtsfeld, das zweite fällt (das Horizontbild steigt oder fällt, wenn der Stern am Himmel fällt oder steigt, das Prismenbild fällt oder steigt); der Augenblick der Koinzidenz ist zu notieren. Für den Quecksilberhorizont ist es gelungen, eine sehr dünne Quecksilberschicht zu verwenden. Die übrige Einrichtung des Instruments ist aus Fig. 1 ver-

[1]) Von Herrn A. Jobin in Paris, 21 rue de l'Odéon, freundlichst zur Verfügung gestellt.

ständlich; der Alhidadenarm, der auf der einen Seite den Quecksilberhorizont H, auf der andern das Fernrohr nebst Prisma trägt, ist über dem auf einem Dreifuß mit Stellschrauben sitzenden Horizontalkreis N mit grober Teilung zur Einstellung der Azimute drehbar, wobei die Dosenlibelle r für Vertikalrichtung der Zapfenachse sorgt. Auf diesem Aufsatz ist aber das Fernrohr selbst wieder um eine Vertikalachse drehbar (Vertikalrichtung mit Dosenlibelle d), und ein Stück Teilung des kleinen Horizontalkreises M gestattet, die Deklination der Bussolennadel B zu berücksichtigen. Die Bussole hat jetzt Kästchenform, wodurch gegen die frühere runde Form größere Länge der Magnetnadel ermöglicht ist. Außer dem durch das Vorstehende und die Fig. 1 erläuterten mittleren Modell des Instruments mit 75- bis 80-fach vergrößerndem Fernrohr und einem großen Modell (vgl. u.) wird noch ein kleines (Reise-) Modell hergestellt mit etwa 30-facher Fernrohrvergrößerung. Die relative Bewegung der zwei Sternbilder entspricht je der einfachen Bewegung des Sternbildes im doppelt so stark vergrößernden Fernrohr.

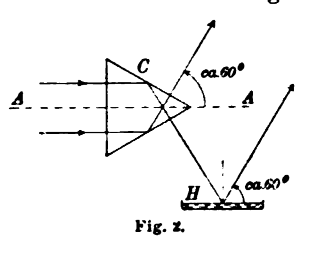


Fig. 2.

Die kurze zweite Mitteilung der Schrift bezieht sich auf das jetzige *große* Modell des Prismenastrolabiums, ebenfalls von Jobin ausgeführt. Die Vergrößerung des Fernrohrs ist hier 150, die relative Bewegung der zwei Sternbilder also so, wie sich ein Stern in einem 300-fach vergrößernden Fernrohr bewegt. Für die Vergrößerung 75 oder 80 des mittleren Modells ist nach der graphischen Ausgleichung der wahrscheinliche Fehler einer Höhenlinie, die der Beobachtung eines Zirkummeridiansterns entspricht, 0,32″, bei dem Instrument großen Modells nur die Hälfte, 0,16″. Dieses große Instrument, auf Tafel IV der Schrift abgebildet, unterscheidet sich in nichts Wesentlichem von dem Instrument mittleren Modells, nur muß wegen des kleinen Gesichtsfeldes des Fernrohrs alles noch genauer gearbeitet sein. *Hammer.*

Über die Bestimmung der Neigung zwischen Limbus- und Alhidadenachse des Repetitionstheodolits und den Einfluß dieses Fehlers auf die Winkelmessungen der badischen Haupttriangulierung.

Von J. Bürgin. *Zeitschr. f. Vermess.* ***34.*** *S. 473. 1905.*

Die Horizontalwinkelmessungen der badischen Haupttriangulierung sind 1820 bis 1852 mit einem (bei Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. 2. Bd., 6. Aufl. Bearb. v. Reinhertz, Stuttgart 1904. *S. 215*, abgebildeten) Ertelschen Theodolit mit 22 *cm* Horizontalkreisdurchmesser (Einteilung $^1/_{10}{}^g$, Ablesung an vier Nonien je auf 10″) nach der Repetitionsmethode ausgeführt ohne Beachtung der damals in Baden noch nicht bekannten Fehlereliminationsregeln (vgl. u. a. Helmert, *Zeitschr. f. Vermess.* ***5.*** *S. 296. 1876*). Für diesen Theodolit bestimmte deshalb der Verf. den Winkel, den Alhidaden- und Limbusachse einschließen, nach Größe und Richtung: bei verschiedenen, auf den Umkreis symmetrisch verteilten Stellungen von Alhidade und von Limbus (wobei die Achse der ersten oder die des zweiten anfänglich vertikal gerichtet wurde) sind die Neigungen der Kippachse mit einer Reitlibelle von 6,14″ Empfindlichkeit gemessen worden. Der Winkel zwischen beiden Achsen ergab sich zu $V = 23{,}6'' \pm 1{,}2''$, also sehr beträchtlich (ob von Anfang an so groß? Als mittlere Fehler der Richtungen der Alhidaden- und der Limbusachse in horizontalem Sinn finden sich rund $\pm 4°$). Als obere Grenze der durch die nicht parallele Lage der beiden Achsen verursachten Fehler bei der badischen Hauptdreieckswinkelmessung nimmt der Verf. hiernach bei stets vertikal gerichteter Limbusachse 0,5″, bei zu Beginn der Repetition vertikal stehender Alhidadenachse 2,0″ an. Heutige Repetitionstheodolite werden allerdings kaum so beträchtliche Abweichung V zeigen; aber der Verf. erinnert mit Recht daran, daß selbst kleinere Fehler auch für Triangulierung niederer Ordnung nicht ohne Bedeutung sind, weil hier viel größere Höhenwinkel als im Hauptnetz vorkommen. Man sollte sich dadurch nach Ansicht des Ref. nicht abhalten lassen, bei der *Klein*-Triangulierung mit *Nonien*-Theodoliten (von z. B. etwa $\pm 10''$ mittlerem Ablesefehler bei 20″ Angabe) die Repetitionsmessung viel mehr anzuwenden, als in den letzten Jahrzehnten üblich geworden ist. *Hammer.*

Geodätische Längenmessung mit Invardrähten.

Von A. Semeräd. *Österr. Zeitschr. f. Vermess.* **3.** *S. 5. 1905.*

Der Verf. bringt zunächst einiges Geschichtliche über die Jäderinsche Drahtmessung und ihre Verbesserung durch Guillaume, besonders durch Einführung des Invardrahtes; sodann berichtet er, nach kurzer Beschreibung des Messungsapparats in seiner jetzigen Form (s. das Referat in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 223. 1906*) mit einigen Verbesserungen von Prof. Borrass, über die mehrfachen Messungen, die er unter Leitung des eben Genannten, mit Ing. F. Köhler zusammen, an der Potsdamer Hülfsbasis von rund 240 *m* Länge an drei Tagen des März 1905 auszuführen Gelegenheit hatte. Die zwei Beobachter haben „ohne jede Vorübung" durchschnittlich 26 Min. zu den 10 Lagen des 24 *m*-Drahtes gebraucht. Das Loten der Festpunkte an den Enden der Basis geschah durch einen von Borrass angegebenen Lotstab mit Libelle von 13″ Empfindlichkeit; ferner hat Borrass durch Einfügen von Kugellagern für die Messingrollen, über die die Spanngewichtsseile laufen, jede Reibung beseitigt, die die konstante Spannung des Drahts (10 *kg*) stören könnte. Die erlangte Genauigkeit ist sehr hoch.

Über diese Messungen an der Potsdamer Hülfsbasis von 240 *m* vgl. auch den Bericht von Borrass im Jahresbericht des Direktors des K. Preuß. Geodät. Instituts April 1904/05 (Veröff. des Geod. Inst., N. F. Nr. 22, Potsdam 1905) *S.* 7 und besonders *S. 17 bis 22*: Mehrfache Messungen vom Juli 1904 (mit besserer innerer Übereinstimmung, als sie die Messungen von 1903 noch zeigten); 40 Messungen im März 1905 mit den vier Invardrähten *A* 13 bis *A* 16, die auch zur Messung der Schubiner Basis im Jahr 1903 (rund 5119 *m* mit dem m. F. ± 4 *mm*) gedient hatten, und mit dem neuen Draht *A* 27. Bei jenen vier älteren Drähten fallen die Endskalenkanten noch außerhalb der Drahtachse; bei *A* 27, dessen Endteilungen in der Drahtachse liegen, tadelt Borrass noch, daß wegen der ungünstigen Form der Skalen durch Verschiebungen des Drahts in seiner Längsrichtung noch leicht Störungen des festen Stativs (für die „temporären Festpunkte") vorkommen können. *Hammer.*

Ein neues Hülfsmittel zur Flächenberechnung.

Von Gebers. *Zeitschr. f. Vermess.* **34.** *S. 554. 1905.*

Das Instrument wird als „Flächen-Schnellmesser" (für *polygonal* begrenzte Grundstücke auf Plänen großen Maßstabs) bezeichnet. Es ist von dem Erfinder des „Universalkartierungsinstruments" (vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 329. 1904*), Waue in Hannover, konstruiert und in der Tat einfach und bequem zu handhaben. Ergebnisse von Versuchsmessungen werden nicht mitgeteilt. Ein Vorteil des Instruments ist, daß es sich leicht einem (gleichförmigen) Eingehen des Kartenpapiers anpassen läßt. *Hammer.*

Über photographische Azimutbestimmung.

Von A. Klingatsch. *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* **115,** *IIa. S. 101. 1906.*

Die Erfolge der photographischen Methoden sowohl in der genauen wie in der genäherten Bestimmung der Polhöhe und der Uhrkorrektion und noch mehr die Bedeutung der *phototopographischen* Methoden, namentlich der Stereophototopographie, legen es nahe, auch die Bestimmung eines terrestrischen Azimuts auf photographischem Weg zu versuchen, besonders zur Orientierung der topographischen Aufnahmen; dabei ist die Messung bei Tag, mit Hülfe der Sonne, zu machen.

Der Verf. teilt hier Genauigkeitsuntersuchungen von Messungen mit, bei denen eine gewöhnliche phototopographische Kamera (von Pollack-Lechner), auf einem Horizontalkreis montiert, gebraucht wurde. Die Bildweite war $f = 184{,}04 \pm 0{,}08$ *mm*, die Platten haben das Format 13×18 *cm*. Der Phototheodolit stand auf einem Stativ, und die Horizontierung geschah durch zwei kleine Libellen am untern Teil des Instruments, während der Kassettenteil ohne Libelle ist. Zur Ermittlung der mit dem Instrument erreichbaren Aufstellungsgenauigkeit ist sein Fernrohr mit einem zweiten kollimiert worden, an dessen Fadenmikro-

meter Neigungsänderungen des Phototheodolits abgelesen werden konnten; es zeigten sich bei stets einspielenden Libellen Abweichungen von 25″, die im ganzen Betrag in die Höhenwinkel und (bei $\delta_{\odot} = -14^{0}$) im etwa $1^{1}/_{2}$-fachen Betrag auf das Azimut der Sonne übergehen, womit die durchschnittlich 1′ betragenden Schwankungen der Tagesmittel (s. die folgende Tabelle) einigermaßen erklärlich sind. Es sind bei den Versuchen Momentphotographien der Sonne (Expositionszeit $^{1}/_{40}$ Sek.) benutzt. Die Ausmessung der Platten geschah durch einfachen Maßstab mit Nonius von $^{1}/_{50}$ *mm*. Die Mittelwerte der auf dem Beobachtungspunkt in Graz an drei Tagen bestimmten Azimute, ihre mittlern Fehler nach der innern Übereinstimmung und die Abweichungen der täglichen Durchschnitte von dem anderweit (auf etwa 1″) genau bekannten Wert 128° 48′ 28″ zeigt folgende Tabelle:

Datum	Kassette	Messungszeit	Anzahl der Messungen	Durchschnitt mit mittl. Fehler	Fehler des Durchschnitts
1905. Okt. 30.	9	$3^h\,19^m$ bis $3^h\,27^m$	8	128° 47,3′ ± 0,1′	−1,2′
	10	$3^h\,36^m$ „ $3^h\,45^m$	9	128° 46,9′ ± 0,2′	−1,6′
„ „ 31.	9	$3^h\,15^m$ „ $3^h\,24^m$	9	128° 49,4′ ± 0,2′	+1,0′
	10	$3^h\,31^m$ „ $3^h\,38^m$	8	128° 49,7′ ± 0,1′	+1,2′
„ Nov. 2.	9	$3^h\,13^m$ „ $3^h\,19^m$	8	128° 47,4′ ± 0,1′	−1,0′
	10	$3^h\,30^m$ „ $3^h\,38^m$	9	128° 47,7′ ± 0,1′	−0,7′

Die Genauigkeit dieser „photographischen Orientierung“ könnte wesentlich gesteigert werden, wenn statt der einfachen Ausmessung der Bilder durch einen Nonienmaßstab ein schärferes Ausmeßverfahren wie bei dem Phototheodolit von Koppe oder dem Reiseuniversal von Marcuse angewendet würde. Immerhin ist für viele Zwecke die einfache, vom Verf. eingehend diskutierte Methode an Genauigkeit ausreichend. *Hammer.*

Über einen neuen Apparat zum Zusammensetzen harmonischer Schwingungen.

Von J. R. Milne. *Proc. Roy. Soc. Edinburgh* ***26.*** *S. 207. 1906.*

Der vorliegende Apparat — der Verf. nennt ihn *„harmonic synthetiser“* — von dem einstweilen erst ein Modell hergestellt ist, zeichnet sich durch große Einfachheit aus und hat die Eigentümlichkeit, daß sich, während er im Betriebe ist, Frequenz und Amplitude jeder der zusammensetzenden Sinuslinien nach Belieben ändern lassen. Ein einzelnes Element wird gebildet durch zwei Konusse *C* und *B* (Fig. 1), deren Achsen parallel liegen derart, daß die dickeren Enden der Konusse nach entgegengesetzten Richtungen gekehrt sind; über beide Konusse ist ein runder Riemen gelegt, der mittels der Führungsrolle *A* und des um *D* drehbaren, mit dem Gewicht *E* belasteten Hebels *F* gespannt gehalten wird. Wird *B* durch einen Antriebsmotor in Drehung versetzt, so verändert sich die Tourenzahl von *C*, sobald man den zu einer Gabel ausgebildeten Hebel *F* auf dem Stift *D* verschiebt. An *C* ist eine kleine Rolle *P* exzentrisch befestigt, über welche der „Summationsdraht“ läuft. Letzterer ist mit seinem einen Ende an einem Rahmen befestigt, der oberhalb der Rollen parallel zur Grundplatte des Apparats angebracht ist. Der Draht wird über eine Rolle des Rahmens vertikal hinuntergeführt zur Rolle *P* und parallel zu dieser Richtung wieder hinauf zu einer zweiten an dem Rahmen befestigten Führungsrolle; von da aus wird er in genau der gleichen Weise zu den Exzentern der übrigen Elemente geleitet; das Ende des Drahtes ist belastet und

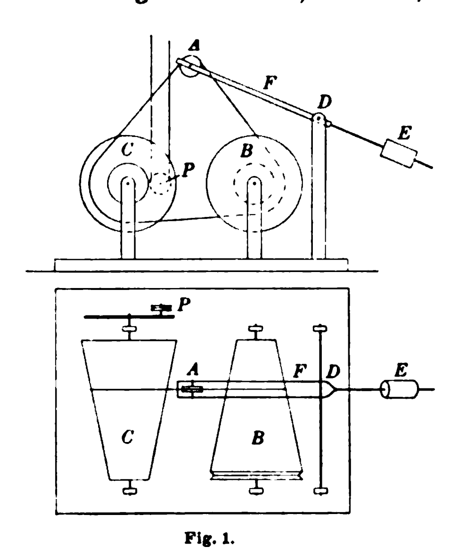


Fig. 1.

trägt eine Schreibfeder, die auf einem Papierstreifen zeichnet, der ebenfalls von dem Antriebsmotor bewegt wird. Man erkennt, daß die Rolle P der Feder eine nahezu sinusförmige Bewegung erteilt, deren Periodenzahl durch Verschieben des Hebels F verändert werden kann, während die Maschine in Bewegung ist.

Um nun auch die Amplitude beliebig ändern zu können, wird ein gewöhnliches Planetengetriebe verwandt. Letzteres besteht aus zwei einander gleichen und einander parallelen Kronrädern (Fig. 2), die aber lose auf ihrer Achse sitzen; sie werden angetrieben durch ein auf ihrer Peripherie laufendes Planetenrad, dessen Achse an einer Kreuzwelle befestigt ist und in jeder Lage mittels einer Klemme an einem Kreisbogen festgeschraubt werden kann. Beide seitlichen Kronräder tragen exzentrische Scheibchen, über die nacheinander der Summationsdraht läuft. Die Bewegung der Schreibfeder entspricht also der Summe zweier einfacher harmonischer Schwingungen von gleicher Frequenz, die durch Verstellen des Planetenrades ihre Phasenverschiebung verändert. Verursacht das eine Rad die Bewegung $\frac{1}{2}\cos t$, so bringt das andere die Bewegung $\frac{1}{2}\cos(t + 2\alpha)$ hervor. Die Feder beschreibt also die Linie $\frac{1}{2}\cos t + \frac{1}{2}\cos(t + 2\alpha) = \cos\alpha \cdot \cos(t + \alpha)$, d. h. durch Drehen des Planetenrades erhält man alle Amplituden von 0 bis 1. Freilich wird dabei auch die Phase geändert. Will man dies nicht, so darf man nicht, wie eben angenommen, den Antriebsriemen über die eine der seitlichen Scheiben legen, sondern muß das Planetenrad selbst antreiben. Die resultierende Bewegung des Summationsdrahtes ist dann



Fig. 2.

$$\frac{1}{2}\cos(t + \alpha) + \frac{1}{2}\cos(t - \alpha) = \cos\alpha \cdot \cos t.$$

Die Größe des Fehlers, der dadurch entsteht, daß die einzelnen Elemente nicht streng Sinuslinien liefern, wird berechnet; es zeigt sich, daß er bei geeigneten Abmessungen praktisch nicht mehr in Frage kommt. *E. O.*

Beitrag zum Studium der Wärmeemission der Sonne.

Von G. Millochau und C. Féry. *Compt. rend.* **143.** *S. 570, 731. 1906.*

In ein Spiegelteleskop, dessen Spiegel einen Durchmesser von 10 *cm* besaß, war ein Thermoelement gesetzt, das man genau in die Ebene des Sonnenbildes bringen konnte. Aus der Thermokraft des Elementes wurde ein Rückschluß gemacht auf die Temperatur derjenigen Stelle der Sonnenscheibe, mit der die Lötstelle koinzidierte.

Ein auf 1400° C. geheizter elektrischer Widerstandsofen und der Krater der elektrischen Bogenlampe, dessen Temperatur zu 3500° C. angenommen wird, dienten zur Eichung des Apparates unter Zugrundelegung des Stefanschen Strahlungsgesetzes. Es wird die absolute Temperatur des beobachteten Körpers proportional der 4. Wurzel aus der Thermokraft gesetzt. Eine verstellbare Blende gestattete, einen bestimmten Teil des Strahlenbündels abzublenden und die Intensität der Sonnenstrahlen so weit abzuschwächen, daß sie mit der Intensität der irdischen Wärmequellen vergleichbar wurde. Die Lötstelle des Thermoelementes wurde höchstens auf 25° über die Temperatur der Umgebung erwärmt. Besondere Versuche hatten gezeigt, daß dann die Thermokraft der Oberfläche der Blende streng proportional war.

Es wurde die Temperatur im Mittelpunkt der Sonnenscheibe und zwar zur Mittagszeit in verschiedenen Meereshöhen am Mont Blanc gemessen. Es ergab sich unter der Annahme, daß die Sonne als schwarzer Körper strahlt, ihre Temperatur

in 150 *m* Meereshöhe zu 4820° abs.
„ 1030 „ „ „ 5140° „
„ 4810 „ „ „ 5560° „

Ferner wurden Messungen zu verschiedenen Tageszeiten ausgeführt. Es wurde die Temperatur in der Mitte der Sonnenscheibe gefunden

um 8 Uhr a. m. zu 5500° abs.
„ 12 „ „ „ „ 5540° „
„ 4 „ p. „ „ 5500° „
„ 6 „ „ „ „ 5140° „

Die Dicke der von den Sonnenstrahlen durchsetzten Luftschicht hat also einen bedeutenden Einfluß. Unter Annahme des logarithmischen Absorptionsgesetzes wird für den Fall, daß die Sonnenstrahlen keine Luftschicht zu durchsetzen haben, die tatsächliche Temperatur der Sonne zu 5620° abs. extrapoliert.

In der zweiten Arbeit suchen die Verf. den absorbierenden Einfluß der Sonnenatmosphäre zu eliminieren, indem sie die Strahlungsintensität der Sonne längs eines Durchmessers verfolgen. Wenn man annimmt, daß das Emissionsvermögen des Sonnenkernes unabhängig ist vom Emissionswinkel, so lassen diese Beobachtungen einen deutlichen Einfluß der Sonnenatmosphäre erkennen, indem die Intensität nach dem Rande zu abnimmt. Die Schwächung der Sonnenstrahlung durch die Sonnenatmosphäre wurde unter verschiedenen Versuchsbedingungen konstant gefunden und ergab sich für den Mittelpunkt der Sonne zu 37%, sodaß die Temperatur des Kerns zu 6100° abs. angegeben wird.

Die Verf. glauben bei den Strahlungsmessungen eine Genauigkeit von 1% erreicht zu haben. Da nicht näher angegeben wird, auf welche Weise die Temperatur des zur Eichung dienenden elektrischen Ofens gemessen wurde, so läßt sich kein Urteil über die absolute Genauigkeit der Temperaturen abgeben. *Hng.*

Verschiedenheiten in einigen Eigenschaften von Quarzen.

Von H. Buisson. *Compt. rend.* **142.** *S. 881. 1906.*

Die Abhandlung ist die Fortsetzung einer Arbeit von Macé de Lépinay und dem Verf., über welche in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 289. 1905* referiert worden ist. Die Messungen wurden an zwei Quarzwürfeln (Q 4 und Q 5) von 4 bezw. 5 *cm* Kantenlänge ausgeführt. Ihre Dichten bestimmte Benoît bei 0° zu

2,650642 für Q 5
2,650737 „ Q 4.

Die letztere Dichte ist früher auch von Macé de Lépinay ermittelt worden, welcher dieselbe Zahl erhielt. Die Fehler überschreiten nicht 2 Einheiten der letzten Dezimale, während die Abweichung 95 Einheiten beträgt.

Auch die Ausdehnungskoeffizienten sind merklich verschieden. Nur die Ausdehnung von Q4 steht mit den bekannten Beobachtungen Benoîts im Einklang. Bezeichnet e die Dicke bei t Grad, e_0 die bei 0°, so ist zwischen 0° und 40°

parallel zur Achse $e = e_0[1 + (695{,}1\,t + 1{,}10\,t^2)\,10^{-8}]$ für Q 5
senkrecht „ „ $e = e_0[1 + (1284{,}0\,t + 1{,}80\,t^2)\,10^{-8}]$ „ „
parallel „ „ $e = e_0[1 + (712{,}3\,t + 0{,}84\,t^2)\,10^{-8}]$ „ Q 4
senkrecht „ „ $e = e_0[1 + (1318{,}5\,t + 1{,}24\,t^2)\,10^{-8}]$ „ „ .

Bei Q5 besitzen zwei Regionen A und B, die um 5 *cm* voneinander entfernt sind, schon deutlich verschiedene Brechungsexponenten. Ihre absoluten Werte n wurden bei 11° für rotes und grünes Kadmiumlicht mittels der Interferenzmethode bis auf 3 Einheiten der siebenten Dezimale genau bestimmt und sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Quarz	n ord. für		n extr. für	
	643,8 $\mu\mu$	508,6 $\mu\mu$	643,8 $\mu\mu$	508,6 $\mu\mu$
$Q\,5\,A$	1,5427286	1,5486769	1,5517766	1,5579265
	49	52	78	85
$Q\,5\,B$	1,5427335	1,5486821	1,5517844	1,5579350
	105	107	139	146
$Q\,4$	1,5427391	1,5486876	1,5517905	1,5579411

Die kleinen Zahlen in der Tabelle geben die Differenzen gegen die Werte von $Q\,5\,A$ und zeigen, daß auch die Doppelbrechung verschieden stark ist.

Ebenso ist der Einfluß der Temperatur auf die Brechungsexponenten ein verschiedener. So beträgt in der Nähe von 15° die Änderung des ordentlichen Exponenten pro Grad

bei $Q\,5$: $-59 \cdot 10^{-7}$ für 643,8 $\mu\mu$ und $-57 \cdot 10^{-7}$ für 508,6 $\mu\mu$
„ $Q\,4$: $-61 \cdot 10^{-7}$ „ „ „ „ $-59 \cdot 10^{-7}$ „ „ „ .

Was schließlich das optische Drehungsvermögen betrifft, so sind beide Quarze rechtsdrehend. Für grünes Quecksilberlicht 546,1 $\mu\mu$ beträgt bei 10° der Drehungswinkel pro *cm*

255,012° für $Q\,5$
255,025° „ $Q\,4$.

Die möglichen Fehler dieser beiden Werte gibt der Verf. nicht an. Nach den Erfahrungen des Ref. können die beiden Drehungswinkel nicht genauer als bis auf $\pm\,0{,}003^{\circ}$ bestimmt werden, weil sich mit zunehmender Quarzdicke das Gesichtsfeld mehr und mehr aufhellt, wodurch die Empfindlichkeit der Einstellungen herabgesetzt wird. Jedenfalls ist die Drehungsdifferenz nur eine sehr geringe. Der Ref. dagegen hat nachgewiesen (*diese Zeitschr.* ***21.*** *S. 150 unten. 1901*), daß optisch reine Quarzplatten pro Millimeter sicher Drehungsunterschiede bis zu 0,05 % aufweisen, also ganz bedeutende Drehungsdifferenzen möglich sind.

Die Abweichungen für die beiden Quarze erfolgen immer in dem gleichen Sinne. Stets gibt $Q\,4$ dem absoluten Betrage nach größere Werte.

Man vermißt Angaben darüber, wie genau die Flächen senkrecht und parallel zur optischen Achse geschliffen sind, was für die Beurteilung der Versuche von Wichtigkeit ist. Ebenso läßt die Untersuchung der Quarze auf optische Reinheit sehr viel zu wünschen übrig. Der Verf. hat dazu nämlich nur den Nörrenbergschen Polarisationsapparat benutzt, in dem sich aber bloß sehr starke Verunreinigungen zu erkennen geben. Es ist doch sehr möglich, daß sich die Quarze bei der Prüfung nach der Brodhun-Schönrockschen Methode (*diese Zeitschr.* ***22.*** *S. 353. 1902*) durchaus nicht als optisch rein erweisen, und daß besonders die Differenzen der Stellen A und B direkt auf sichtbare Unreinheiten zurückzuführen sind. Damit will indessen der Ref. keineswegs bezweifeln, daß optisch vollkommen homogene Quarze Verschiedenheiten im optischen und anderen Verhalten zeigen können. Im Gegenteil hat er solches, wie bereits oben bemerkt (vgl. auch *diese Zeitschr.* ***21.*** *S. 90 bis 92. 1901*), schon vor Macé de Lépinay und Buisson nachgewiesen und dem ersteren widersprochen, der bei seinen früheren Messungen stets eine so gut wie vollkommene Konstanz in den Eigenschaften von Quarzen voraussetzte, sowie auch die wahrscheinlichen Ursachen für das verschiedene Verhalten optisch homogener Quarze angegeben.

Zum Schluß sagt der Verf.: „Folglich ist es unmöglich zu erfahren, ob bei Quarz die Wellenfläche genau eine Kugel für den ordentlichen und eine Rotationsfläche für den außerordentlichen Strahl ist.“ Der Sinn einer solchen Bemerkung ist nicht recht einzusehen, denn vollkommen genau läßt sich keine physikalische Größe messen, und vollkommen genau ist auch keine physikalische Größe in der Natur definiert. Außerdem ist schon längst von Viktor v. Lang (Über die Lichtgeschwindigkeit im Quarze, *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* ***60,*** *II. S. 767. 1869*) gezeigt worden, daß die Wellenfläche jedenfalls keine Kugel ist, weil es in der Nähe der Achse keine ordentliche Welle mit konstanter Geschwindigkeit mehr gibt, und daß auch die außerordentliche Welle sich nach einem anderen Gesetze als wie bei den gewöhnlichen einachsigen Körpern ändert. Des letzteren Arbeit ist zwar mit einigen Mängeln behaftet, die sich aber mit den heutigen Hülfsmitteln leicht vermeiden lassen würden. Eine Wiederaufnahme dieser Untersuchungen, die der Ref. schon vor Jahren plante, aber aus Mangel an Zeit immer wieder hat aufschieben müssen, wäre auch aus theoretischen Gründen sehr wünschenswert; so ist z. B. auch die Drehung der Polarisationsebene direkt mit der Beschaffenheit der Wellenfläche verbunden, und es läßt sich aus dieser berechnen, in welcher Weise die Drehung von dem Winkel abhängt, welchen die Lichtstrahlen mit der optischen Achse des Quarzes bilden. *Schönrock.*

Eine neue Form des dreikreisigen Goniometers.

Von G. F. H. Smith. *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Miner.* **42.** *S. 214. 1906.*

Das neue Goniometer stellt eine Verbesserung des vom Verf. vor sechs Jahren beschriebenen Instruments dar (vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 239. 1901*), es beseitigt vor allem den Mangel des älteren Modelles, daß man bei einer beliebigen Zone die Messungen ohne neue Einstellung des vertikalen und des dritten Kreises, abgesehen von der Bezugszone, nicht viel über einen rechten Winkel ausdehnen kann; mit dem neuen Instrument dagegen kann man durch alleinige Drehung des Horizontal-Kreises über 180° um das freie Ende des Kristalles herum messen. Dieser Vorteil ist ohne Änderung der Anordnung der Teilkreise nur durch eine neue Lagerung von Signalrohr und Beobachtungsrohr erreicht worden; die gegen einander geneigten Rohrachsen sind in der Horizontalprojektion nicht Radien, sondern sozusagen Tangenten am Horizontalkreise, d. h. sie zielen an der Vertikalachse des Instruments vorbei, und das Licht wird durch zwei Planspiegel, die, je unter 45° gegen die Rohrachse geneigt, vor den Objektiven angeordnet sind, auf den Kristall geworfen bezw. vom Kristall aus in das Fernrohr reflektiert.

Die Spiegel sind in gewissen Grenzen justierbar und bestehen aus Spiegelmetall, das, wenigstens nach der Meinung des Verf., bei der Reflexion eine ähnliche Helligkeit wie ein totalreflektierendes Prisma liefert; zur Reinigung der Spiegelflächen wird ein mit einer Mischung aus zwei Teilen Alkohol und einem Teile Ammoniak getränktes Baumwollentuch empfohlen. Eine achromatische, vor das Fernrohr vorschlagbare Linse gestattet, dieses in ein schwach vergrößerndes Mikroskop zu verwandeln, mit dem man den Kristall direkt sehen kann. Durch eine zweite, wohl im Innern des Fernrohres einschaltbare und verschiebbare Linse kann die Vergrößerung des Mikroskops vermindert und das Gesichtsfeld erweitert werden; eine schematische Skizze der optischen Bestandteile wäre dem Verständnis der sonst recht ausführlichen Beschreibung förderlich gewesen. Der Horizontalkreis hat 180 *mm* Durchmesser und ist in sechstel Grad geteilt, Mikrometermikroskope geben auf der Trommel 10 Sekunden für ein Intervall, die einzelnen Sekunden werden geschätzt. Dieselbe Ablesegenauigkeit wird dem Vertikalkreis von 110 *mm* Durchmesser zugeschrieben.

Die Achse des Vertikalkreises wird durch ein System von zwei Paaren von Friktionsrädern mit je einer Feder entlastet. Mit dieser Achse bildet das Achsenlager des *dritten Kreises* ein Gußstück aus Phosphorbronze zur Erzielung möglichst großer Festigkeit; dieser Kreis hat 90 *mm* Durchmesser und wird mit zwei Nonien abgelesen. Seine Achse endigt in dem Kristallträger und kann jede Lage gegen die Bezugslinie einnehmen. Der Kristallträger hat die übliche Form. Aus den ausführlichen Angaben des Verf. geht hervor, daß das Instrument die Anforderungen bezüglich des Spielraumes für die Achsenbewegungen reichlich erfüllt. Zur Verschönerung des Aussehens trägt allerdings der Winkel von 22°, den die Kollimator- und die Fernrohrachse miteinander bilden, nicht bei. Bei den Justiermethoden auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, fällt es auf, daß ein so kostbarer Apparat nicht mit einer im Fernrohre dauernd angebrachten Autokollimationseinrichtung versehen ist, wie sie z. B. im Refraktometer nach Pulfrich vorhanden ist; statt deren wird der höchst unbequeme und zeitraubende Gebrauch eines Spiegelglasplättchens zwischen Okular und Auge empfohlen. In dem Abschnitte über den Gebrauch des Goniometers werden zur Prüfung der Meßgenauigkeit, die das Instrument liefert, zwei Paare sphärischer Dreiecke aufgelöst; dabei beträgt die Differenz zwischen beobachtetem und berechnetem Winkel nur bei vier von sechzehn Werten mehr als eine halbe Minute, im Maximum 44″.

Das in der Austrittspupille des Fernrohres liegende Bild der gerade beobachteten Kristallfläche ist bei der Konstruktion dieses neuen Goniometers überhaupt nicht berücksichtigt worden, obwohl auf die dioptrische Bedeutung dieses Kristallbildes von Czapski (*diese Zeitschr.* **13.** *S. 1. 1893*) und Pulfrich (*diese Zeitschr.* **19.** *S. 6. 1899* und Winkelmanns Handbuch der Physik. 2. Aufl. 2. Band. *S. 584*) deutlich hingewiesen worden ist.

Das neue Smithsche Goniometer ist von der Firma Troughton & Simms, London, für das *British Museum* gebaut worden. *Lö.*

Über Präzisionsmethoden zur Widerstandsmessung.

Von F. E. Smith. *The Electrician* **57.** *S. 976, 1009. 1906; Rep. Electrical Standards Committee Brit. Ass. York 1906.*

Verf. gibt eine Übersicht über die im *National Physical Laboratory* (*N. P. L.*) zu Teddington in England für die Messung von Normalwiderständen benutzten Methoden und behandelt darin 1. die Empfindlichkeitsvergleichung verschiedener Meßmethoden, 2. die Messung von Quecksilber-Normalwiderständen, 3. die Messung von Drahtnormalen von 1 Ohm, 4. die Messung von Widerständen der höheren Dekaden, 5. die Messung kleiner Widerstände.

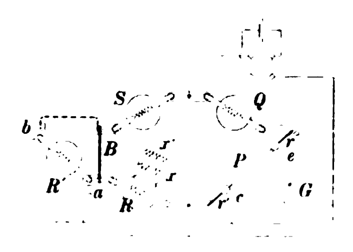
Im *N. P. L.* werden drei Arten von Normalwiderständen verwandt, nämlich solche aus Quecksilber, Platinsilber und Manganin. Bei den beiden ersteren dürfen nur verhältnismäßig schwache Ströme zur Messung benutzt werden, wegen des großen Temperaturkoeffizienten dieser Widerstände, und weil sie in schlechte Wärmeleiter eingebettet sind, während bei den Manganinwiderständen, die einen sehr kleinen Temperaturkoeffizienten besitzen und in Ölbäder eingesetzt werden, der maximal zulässige Meßstrom viel größer ist. Dies ist für die Messung von Wichtigkeit, weil die Meßgenauigkeit der angewandten Stromstärke direkt proportional ist. Deshalb empfiehlt Verf., besonders für den Aufbau der höheren Dekaden aus der Einheit, Manganinwiderstände; die Frage der Konstanz dieser Widerstände will er aber in der vorliegenden Mitteilung nicht diskutieren. Bis einschließlich 1903 wurde im *N. P. L.* die Methode von Carey Foster benutzt, die aber als unzureichend jetzt verlassen worden ist, wofür die in der Reichsanstalt schon lange gebräuchlichen Methoden sowie auch eine neuere, unten beschriebene Methode in Anwendung kommen.

1. Die Empfindlichkeitsvergleichung verschiedener Methoden zur Widerstandsmessung ist in ähnlicher Weise, wie es vom Ref. kürzlich in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 69. 1906* für Nadel- und Drehspulengalvanometer geschehen ist, für Nadelgalvanometer bei der Thomsonschen und Wheatstoneschen Brücke, beim Kompensationsverfahren und Differentialgalvanometer durchgeführt worden. Betrachtungen dieser Art sind zuerst i. J. 1895 von Schuster für das Nadelgalvanometer angestellt worden (vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 360. 1906*), sind aber dann in Vergessenheit geraten. Verf. leitet die Formeln auf etwas andere Weise ab, doch braucht hierauf an dieser Stelle nicht weiter eingegangen zu werden; es sei statt dessen auf die oben angeführten Zitate aus dieser Zeitschrift verwiesen. Bei dem Differentialgalvanometer gibt Verf. an, daß bei starken Strömen im Galvanometer eventuell Konvektionsströme entstehen können, die der Meßgenauigkeit eine Grenze setzen und es notwendig machen würden, in den Galvanometerkreis einen Ballastwiderstand einzuschalten, wodurch dann die Genauigkeit natürlich herabgesetzt wird. Solche Störungen sind vom Ref. niemals beobachtet worden; man darf nur nicht die Differentialwirkung durch zwei getrennte Rollen erreichen wollen, sondern die Drähte, deren Wirkung sich elektrodynamisch aufheben soll, müssen miteinander aufgewickelt sein.

2. Für die Messung der Quecksilberwiderstände war im *N. P. L.* bis zum März d. J. die Thomson-Brücke und der Kompensator benutzt worden. Bei der ersten Methode war eine momentane Stromstärke von 0,2 Amp. nötig, um 1 milliontel Ohm noch mit Sicherheit messen zu können, beim Kompensationsverfahren reichte hierzu eine Stromstärke von 0,03 Amp. aus, aber die Methode gab keine befriedigenden Resultate[1]). Jetzt wird eine Modifikation der Wheatstoneschen Brücke benutzt, auf die etwas näher eingegangen werden soll. Durch Anwendung der Wheatstoneschen Brücke an Stelle der Thomsonschen wird die Empfindlichkeit erheblich vergrößert, besonders wenn, wie es vom Verf. geschieht, die in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 79 u. 80. 1906* mit II bezeichnete Anordnung benutzt wird. In diesem Fall ist bei Anwendung des Nadelgalvanometers in günstigster Schaltung die Empfindlichkeit nahe gleich $c_0 i \varepsilon / 2\sqrt{2}$, wenn i die Stromstärke im Meßwiderstand, ε dessen Änderung in Bruchteilen seines Wertes, c_0 die normale Galvanometerempfindlichkeit bedeuten. Bei der Thomson-

[1]) Vermutlich wegen der Inkonstanz des Stromes bei den beiden zeitlich auseinanderliegenden Messungen, aus denen die Widerstandsvergleichung besteht. — D. Ref.

Brücke ist die Empfindlichkeit um den Faktor $\sqrt{1+m+\mu}$ kleiner (m Verhältnis des Verzweigungswiderstandes, μ Verhältnis des Überbrückungswiderstandes zum Meßwiderstand). Dieser Faktor betrug, wie sich aus den Zahlenangaben des Verf. berechnen läßt, bei der im *N. P. L.* benutzten Anordnung der Thomson-Brücke $\sqrt{1100} = 32$ bezw. $\sqrt{201} = 14$. Es möge übrigens an dieser Stelle bemerkt werden, daß die Methode der Wheatstoneschen Brücke (Fall II, siehe oben) bereits früher von Hrn. Lindeck (*diese Zeitschr.* ***11.*** *S. 180. 1891*) bei der Messung von Quecksilber-Normalrohren in Anwendung gebracht wurde. Die vom Verf. ausgebildete Methode besteht nun darin, daß nacheinander zwei Messungen in der Wheatstoneschen Brücke angestellt werden, durch die einige Zuleitungswiderstände, die sonst in Betracht kämen und mit sehr großer Genauigkeit bestimmt werden müßten, eliminiert werden (vgl. die Figur; die Buchstaben P, R, Q, S entsprechen den Buchstaben A, B, a, b in der zitierten Mitteilung des Ref.). In der Figur ist P das Quecksilber-Normalrohr mit den Stromzuführungen r. r'. R ist eine Normalbüchse von 1 Ohm mit den Nebenschlüssen x und x' (in einem mitgeteilten Beispiel ist x etwa 40 Ohm, x' etwa 30000 Ohm). Der Widerstand x' wird variiert, bis genaue Abgleichung der Brücke erreicht ist. Q und S sind die Verzweigungswiderstände von 1000 Ohm (bezw. auch 100 Ohm). R' besteht aus zwei hinter einander geschalteten Büchsen von je 1 Ohm. Die dicke Kupferzuleitung B befindet sich bei der ersten Messung in der aus der Figur ersichtlichen, bei der zweiten Messung in der gestrichelten Lage; bei dieser zweiten Messung wird der eine Galvanometerdraht von a nach b und der eine Stromdraht von c nach a verlegt. Es wird also einmal R mit P verglichen, das zweite Mal R' mit $R+P$. Dabei rechnet, wie die Figur zeigt, die Zuleitung B zu S, r' zu R, r zu Q. Durch die erste Messung erhält man, wenn der Wert von R samt Nebenschluß mit R_1 bezeichnet wird, $R_1/P = (S+B)/(Q+r)$; bei der zweiten Messung bleibt R_1 ungeändert, während man R' durch Nebenschluß so abgleicht, daß Stromlosigkeit im Galvanometer erreicht wird. Bezeichnet man R' samt Nebenschluß mit R_1', so erhält man $R_1'/(P+R_1) = (S+B)/(Q+r)$; aus den beiden Gleichungen läßt sich R_1 eliminieren. Eine zweite Messungsserie wird mit vertauschtem Q und S angestellt, wobei dann an R' ein anderer Nebenschluß zu legen ist. Wird der entsprechende Wert mit R_2' bezeichnet, so ergibt sich schließlich durch Kombination beider Messungsserien, wobei Q und S herausfallen, $R_1' + R_2' = P[4 - 6(r-B)/Q]$. Im angeführten Beispiel ist $r = 0{,}033$ Ohm (also ziemlich groß), $B = 0{,}00007$ Ohm. Das Korrektionsglied ist somit nur 0,000049 des zu messenden Wertes.



Die durch diese Methode erreichte Empfindlichkeit ist auch erheblich größer als bei Anwendung des Differentialgalvanometers, wie es gewöhnlich gebraucht wird[1]).

3. Bei der Messung von Drahtwiderständen im Betrage von 1 Ohm werden nur Manganinwiderstände mit besonderen Potentialklemmen berücksichtigt; die Platinsilber-Widerstände (ohne besondere Potentialklemmen) wurden mit den Manganinwiderständen durch Substitution nach der Methode von Carey Foster verglichen, während für die Manganinbüchsen die Thomsonsche Brücke in Anwendung kam. Die Carey Fostersche Methode scheint nach den Angaben des Verf. zu genauen Messungen wenig geeignet zu sein.

Es werden die mit 4 Manganin-Normalen zu verschiedenen Zeiten (21. Juli und 8. September 1905) erhaltenen Resultate angeführt, wobei die Büchsen in allen 6 Kombinationen gemessen wurden; der wahrscheinliche Fehler der Messung beträgt nur ein Zehnmilliontel. Verf. macht auf Änderungen des Widerstands aufmerksam, die zwischen den beiden Beobachtungsserien stattgefunden haben, und meint, daß wenigstens drei von vier Büchsen eine Änderung erfahren hätten. Bei näherer Betrachtung zeigt sich indessen, daß vermutlich nur einer der vier Widerstände (Nr. 2483) sich in dieser Zeit merklich geändert hat und zwar

[1]) Nicht aber dann, wenn auch hier die günstigste Anordnung gewählt, d. h. der Galvanometerwiderstand einer Hälfte zu 1 Ohm bemessen wird; denn diese Empfindlichkeit ist ebenfalls $c_0 i \varepsilon / 2\sqrt{2}$. — D. Ref.

um einen Betrag von etwa 2 Hunderttausendsteln, während die Änderung der anderen drei Büchsen, von denen Nr. 2205 und 2206 der Reichsanstalt gehören, nur wenige Milliontel beträgt, also als sehr gering zu bezeichnen ist. Da aber die Büchse Nr. 2483 nachweislich einen Konstruktionsfehler besitzt, so ist die Änderung derselben nicht dem Manganin als solchem zur Last zu legen. Es sei an dieser Stelle nochmals auf die vielen und langjährigen Erfahrungen der Reichsanstalt bezüglich der Konstanz der Manganinwiderstände hingewiesen, über die öfter hier berichtet worden ist (*diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 432. 1895:* ***23.*** *S. 1. 1903;* ***18.*** *S. 97. 1898;* ***26.*** *S. 15. 1906*). Ferner ist zu bemerken, daß ein Teil der Büchsen kurz vor der Messung als gewöhnliches Eilgut nach England gesandt worden war, während Normale, die als Handgepäck transportiert wurden, nur noch ganz minimale Änderungen zeigten.

4. Zur Ableitung der Widerstände höherer Dekaden aus der Einheit muß der Fehler des Aufbaus möglichst gering gemacht werden, da sich dieser Fehler, bei wiederholtem Aufbau im Verhältnis 1 : 10, für die hohen Dekaden mehrmals addiert. Ist das Verhältnis 1 : 10 mit dem Fehler a behaftet, so besitzt das daraus abgeleitete Verhältnis $1:10^n$ (ebenso wie $1:10^{-n}$), abgesehen von sonstigen Beobachtungsfehlern, den Fehler $n \cdot a$. Der Aufbau der höheren Dekaden wird, wie es auch in der Reichsanstalt geschieht (*diese Zeitschr.* ***18.*** *S. 101. 1898*), mit Büchsen von 1, 2, 5 Ohm u. s. w. bewerkstelligt. Durch Vergleichung von Büchsen höherer Dekaden (bis 1000 Ohm), deren Werte durch verschiedene Art des Aufbaus abgeleitet waren, zeigt Verf., daß der bei diesem Aufbau entstandene Fehler nur wenige Milliontel betrug.

5. Bei der Messung kleiner Widerstände bespricht Verf. eine Anzahl Methoden, nämlich die Methode von Matthiessen und Hockin, eine Methode von Lord Rayleigh (*Proc. Cambr. Phil. Soc. 1884. S. 133*), von Housman (*The Electrician* ***40.*** *S. 300. 1897*), von A. Campbell[1]), (*two-step-method, Phil. Mag.* ***6.*** *S. 33. 1903*), kommt aber zu dem Resultat, daß alle diese Methoden für genaue Messungen unbrauchbar sind. Es bleibt dann nur die auch in der Reichsanstalt benutzte Thomson-Brücke und für die Vergleichung nahe gleicher Widerstände das Differentialgalvanometer in der Anordnung von Kohlrausch (*Wied. Ann.* ***20.*** *S. 76. 1883; diese Zeitschr.* ***24.*** *S. 288. 1904*). Daneben wird im *Department of Electrotechnics* des *N. P. L.* auch der Kompensator angewandt, der aber für die Messung kleiner Widerstände bei höchster Präzision weniger brauchbar ist. Bei der Thomson-Brücke bemerkt Verf., daß die Verbindungswiderstände zwischen den zu vergleichenden Büchsen keinen größeren Widerstand haben dürften als die zu messenden Büchsen selbst, daß dies aber mitunter der Fall sei; dann dürfe man die Thomson-Brücke nicht anwenden. Diese Behauptung ist indessen nicht zutreffend, was sich leicht theoretisch nachweisen läßt. In *dieser Zeitschr.* ***23.*** *S. 33 u. 65. 1903* ist die Messung mit der Thomson-Brücke eingehend erörtert und auch durch Beispiele belegt worden; es zeigt sich, daß auch in jenem Fall exakte Messungen möglich sind. So hat *a. a. O. S. 69* Hr. Lindeck ein Beispiel gegeben für die Vergleichung von $^1/_{10000}$ mit $^1/_{100000}$ Ohm, wobei der Verbindungswiderstand dieser beiden Büchsen 80 Mikrohm, also das Achtfache des kleineren Widerstandes, betrug. Es ist dann allerdings nötig, die Überbrückungswiderstände bei der Messung genauer zu bestimmen als die Verzweigungswiderstände der Brücke; doch bietet dies keine Schwierigkeit.

W. J.

Die Kapazität von Glimmerkondensatoren.

Von A. Zeleny. *Phys. Rev.* ***22.*** *S. 65. 1906.*

Will man die Kapazität eines Glimmer-Kondensators dadurch bestimmen, daß man ihn auf ein gemessenes Potential lädt und danach durch ein ballistisches Galvanometer entlädt, so erhält man verschiedene Werte je nachdem, wie lange man den Entladekreis geschlossen läßt, und je nachdem, wie groß die Schwingungsdauer des Galvanometers ist. Um zu konstanten Werten zu kommen, benutzt Zeleny einen besonders konstruierten Schlüssel, der an den bekannten Heimschen Schlüssel erinnert (vgl. *Elektrotechn. Zeitschr.* ***11.*** *S. 556. 1890*).

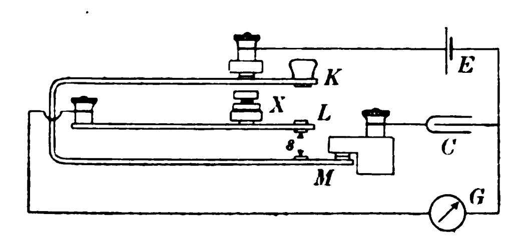
---

[1]) Vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* ***24.*** *S. 184. 1904.*

Wird der Knopf *K* (s. die Figur) mit einer gewissen konstanten Geschwindigkeit heruntergedrückt, so wird zunächst die Batterie *E* abgeschaltet, dann nach einer an der Schraube *X* einstellbaren Zeit der Kondensator *C* durch das Galvanometer *G* entladen und schließlich bei *M* der Galvanometerkreis unterbrochen.

Man kann also durch Variieren der Geschwindigkeit des Herunterdrückens und durch die Schraube *X* die Zeit, während welcher der Kondensator durch das Galvanometer entladen wird, beliebig verändern.

Wird nun ein voll geladener Kondensator entladen, so fließt zunächst die „freie“ auf den Belegungen befindliche Elektrizitätsmenge ab und dann allmählich die im Dielektrikum absorbierte. Mittels des beschriebenen Schlüssels wurde nun festgestellt, daß die freie Elektrizitätsmenge bei einem guten Glimmer-Kondensator bereits nach etwa 0,01 Sek. abgeflossen ist. Benutzt man also ein Galvanometer mit größerer Schwingungsdauer, und läßt man den Entladekreis so lange geschlossen, bis das Galvanometer seinen Maximalausschlag erreicht hat, so erhält man zu große Ausschläge. Man sieht auch ohne weiteres ein, daß die so erhaltenen Werte der Kapazität von der Schwingungsdauer des Galvanometers abhängig werden müssen. Wählt man dagegen bei einem guten Glimmer-Kondensator Entladezeiten, die zwischen 0,01 und 0,05 Sek. lagen, so erhält man konstante Werte der Kapazität, die von der Schwingungsdauer und dem in dem Galvanometerkreis befindlichen Widerstand nahezu unabhängig sind.



Die beschriebene Methode wurde auch an einem schlechten Kondensator mit Papier als Dielektrikum geprüft. Während nun bei einem guten Kondensator die Gesamtabweichungen bei verschiedenen Entladezeiten nur wenige Prozent betrugen, ergab sich für den Papierkondensator die Kapazität 0,46 Mf., wenn nur die freie Ladung berücksichtigt wurde, und zwar dieselbe Zahl unter verschiedenen Versuchsbedingungen. Ließ man dagegen den Entladekreis geschlossen, bis der Maximalausschlag erreicht war, so erhielt man bei einem Galvanometer von 2,25 Sek. Schwingungsdauer $1{,}47_3$ Mf., bei 4,45 Sek. Schwingungsdauer gar $1{,}55_9$ Mf.

Es wurden auch Versuche über die Ladezeiten angestellt. Wird in der gewöhnlichen Weise gemessen, so erhält man Zahlen, die von der Ladezeit infolge der verschieden großen Absorption abhängen. Natürlich spielt dann auch die Zeit, die vom Abnehmen der Batterie bis zum Schließen des Entladekreises verstreicht, eine Rolle, weil in dieser Zeit je nach dem Grad der Absorption, die bereits erreicht ist, die Spannung sinkt. Wird dagegen die Kapazität nur durch die freie Ladung definiert, so erhält man, sofern man die Zeit zwischen Abnehmen der Batterie und Schließen des Entladekreises möglichst abkürzt, konstante Werte bei Ladezeiten bis zu 1 Sek. herunter. *E. O.*

Über ein Elektrometer von hoher Empfindlichkeit.

Von A. Kleiner. *Vierteljahrsschr. d. Naturforsch. Gesellsch. in Zürich 1906. S. 226.*

Das Quadrantelektrometer wurde dadurch für Wechselströme brauchbar gemacht, daß die Nadel an einem feinen Platindraht aufgehängt wurde, ein Verfahren, das schon früher in der Reichsanstalt angewandt worden ist (vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 143. 1904*). Quadranten und Nadel sind zylindrisch und vertikal angeordnet in der Art, wie es früher von Edelmann ausgeführt wurde. Die Richtkraft eines derartigen Elektrometers ist so klein, daß sie nicht mehr imstande ist, die Luftreibung genügend zu überwinden. Deshalb wurde der ganze Apparat derart eingerichtet, daß er ausgepumpt oder mit Wasserstoff gefüllt werden kann.

Bei einem Gehänge, das insgesamt nur 0,08 *g* wog, erhielt der Verf. unter Verwendung eines 10 *cm* langen und 0,003 *mm* dicken Platinfadens in idiostatischer Schaltung annähernd 1000 Skalenteile Ausschlag für 1 Volt bei 2 *m* Skalenabstand. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

E. Orlich, Aufnahme und Analyse von Wechselstromkurven. Aus: Elektrotechnik in Einzeldarstellungen, hrsg. v. Dr. G. Benischke. 7. Heft. gr. 8°. VIII, 117 S. m. 71 eingedr. Fig. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1906. 3,50 M.; geb. 4,00 M.

Das Buch zerfällt in die Abschnitte

1. mathematische Darstellung von Strömen beliebiger Kurvenform,
2. Kurvenaufnahmen,
3. experimentelle und mathematische Analyse,
4. harmonische Analysatoren.

Im ersten Abschnitte (11 S.) werden zunächst die bekannten Formen der Fourierschen Reihen angegeben, darauf wird die Bestimmung der Koeffizienten an einigen Beispielen, einer Trapez-, einer Dreieck- und einer Rechteckkurve, erläutert. Schließlich werden die Formeln für Form- und Scheitelfaktor, die effektiven Werte der Spannung und Stromstärke und der einfache Mittelwert der Arbeitsleistung abgeleitet. Abschnitt II (52 S.) enthält eine Besprechung von Methoden und Apparaten für die Kurvenaufnahmen, darunter der Apparate von Franke, Hospitalier, Goldschmidt und Ryan, der Braunschen Röhre, des Glimmlicht-Oszillographen von Gehrcke und eine vortreffliche Darstellung der Theorie der Oszillographen und der wichtigsten Repräsentanten dieses Apparatentyps. In Abschnitt III (22 S.) sind die mathematischen Methoden für die Zerlegung aufgezeichneter Wechselstromkurven und die experimentellen Verfahren für die Analyse gegebener Wechselstromgrößen besprochen. Besonders ausführlich behandelt dabei der Verf. die Resonanzmethode, nach der er selbst Messungen ausgeführt hat. Schon im Vorwort wird diese „so gut wie unbekannt gebliebene“ Kurvenanalyse als „elegant“ empfohlen. Abschnitt IV (19 S.) bringt, freilich ohne speziellere Kritik, eine Theorie und Beschreibung von sieben harmonischen Analysatoren zur mechanischen Analyse vorhandener Kurven, darunter den in Deutschland wohl am bekanntesten von Coradi in Zürich und den auch schon im Vorwort als ausgezeichnet empfohlenen Analysator von Michelson und Stratton.

Das Buch entspricht einem lebhaften Bedürfnis, da der Inhalt bisher in der Literatur völlig zerstreut war. Die Darstellung ist außerordentlich sorgfältig, ausgezeichnet in ihrer Knappheit und Klarheit und musterhaft innerhalb der elektrotechnischen Literatur, deren Erzeugnissen man nur zu häufig anmerkt, daß sie von vielbeschäftigten Ingenieuren in wenigen Mußestunden hergestellt worden sind. Der Verf. löst für seine Person die Ehrenpflicht aller Männer ein, die in diesem Banne nicht stehen. Freilich verlangt die Knappheit der Darstellung auch Leser, die mit den Gesetzen der Wechselströme völlig vertraut sind, gediegene mathematische Kenntnisse haben und auch einige Schritte der Überlegung ohne Führung selbständig zu gehen verstehen. In einem Punkte stimme ich mit dem Verf. nicht überein. Er sagt in seinem Vorwort, daß heutzutage häufig der Art der konstruktiven Durchführung einer Idee zuviel Wert beigemessen werde, während doch die Hauptsache die Auffindung der Methode und der Nachweis ihrer experimentellen Durchführbarkeit bleiben müsse. Wissenschaftliche Idee und konstruktive Durchführung darf man in ihrem Werte nicht derartig gegen einander abwägen; sie haben beide ihre unentbehrliche Eigenart für sich. Gerade die Zeitschrift für Instrumentenkunde bietet dafür zahlreiche Beweise.

G. Roeßler.

Th. Tapla, Grundzüge der niederen Geodäsie. III. Kartierung. gr. 8°. VII, 107 S. m. 14 lith. Taf. Leipzig und Wien, F. Deuticke 1906. 3,50 M.

Dem I. Teil der „Grundzüge“, über den in *dieser Zeitschr.* ***21.*** *S. 279. 1901* kurz berichtet ist, läßt der Verf. (vor dem II. Teil, der die Lehre von den Feldinstrumenten und Feldmessungen bringen wird) zunächst den III. Teil, Kartierung, folgen, der zugleich eine neue und erweiterte Auflage der „Geodätischen Konstruktionen und Berechnungen“ des Verf. (Wien 1895) vorstellt.

Die Instrumentenkunde ist naturgemäß an diesem III. Band nicht besonders beteiligt: es werden von Instrumenten nur die gewöhnlichen Zeichenwerkzeuge, einige Auftrageapparate für rechtwinklige und für Polarkoordinaten, einzelne Recheninstrumente (gewöhnlicher Rechenschieber, Tachymeterschieber), Hülfsvorrichtungen zur Konstruktion von Schichtenlinien in kotierten Plänen und endlich einige Apparate zum Kopieren, Verkleinern oder Vergrößern von Plänen vorgeführt (wobei aber z. B. bei den zuletzt genannten Instrumenten sich die Hängepantographen mit zwei Zeilen begnügen müssen). Der ganze übrige Raum des Bandes ist der *Berechnung* der Kleintriangulierung und der Polygonierung gewidmet.

Es wird hier erst nach dem Erscheinen des II. Bandes ausführlicher auf das Werk zurückzukommen sein. *Hammer.*

Sammlung Göschen. kl. 8°. Leipzig, G. J. Göschen. Geb. in Leinw. Jedes Bdchn. 0,80 M.

11. A. F. Möbius, Astronomie. Größe, Bewegung u. Entfernung der Himmelskörper. 10., verb. Aufl., bearb. v. Prof. Dr. W. F. Wislicenus. 3. Abdr. 170 S. m. 36 Abbildgn. u. 1 Karte d. nördl. Sternhimmels. 1906. — 51. O. Th. Bürklen, Formelsammlung u. Repetitorium d. Mathematik, enth. d. wichtigsten Formeln u. Lehrsätze der Arithmetik, Algebra, algebraischen Analysis, ebenen Geometrie, Stereometrie, ebenen u. sphär. Trigonometrie, mathemat. Geographie, analyt. Geometrie der Ebene u. des Raumes, der Differential- u. Integralrechnung. 3., durchges. Aufl. 2. Abdr. 227 S. m. 18 Fig. 1906. — 76. G. Jäger, Theoretische Physik. I. Mechanik u. Akustik. 3., verb. Aufl. 152 S. m. 19 Fig. 1906. — 87. Fr. Junker, Höhere Analysis. 1. Tl. Differentialrechnung. 3., verb. Aufl. 204 S. m. 167 Übungsbeispielen u. 67 Fig. 1906. — 136. G. Mahler, Physikal. Formelsammlung. 3., verb. Aufl. 182 S. m. 65 Fig. 1906. — 265. H. Bauer, Geschichte d. Chemie. II. Von Lavoisier bis zur Gegenwart. 125 S. 1906. — 301. W. Bahrdt, Physikal. Messungsmethoden. 147 S. m. 49 Fig. 1906. — 302. W. Weitbrecht, Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. 180 S. m. 15 Fig. u. 2 Taf. 1906.

C. Bruhns, Neues logarithmisch-trigonometrisches Handbuch auf sieben Dezimalen. 7. Ster.-Ausg. Lex. 8°. XXIV, 610 S. Leipzig, B. Tauchnitz 1906. 4,20 M.; engl., französ. u. italien. Ausg. (je XXIV, 610 S.) je 4,20 M.

M. Le Blanc, Lehrbuch der Elektrochemie. 4., verm. Aufl. gr. 8°. VIII, 319 S. m. 25 Fig. Leipzig, O. Leiner 1906. 6 M.; geb. in Leinw. 7 M.

Repetitorien der Elektrotechnik. Hrsg. v. Ob.-Ingen. A. Königswerther. 8°. Hannover, Dr. M. Jänecke.

VIII. Bd. B. Monasch, Elektrische Beleuchtung. XII, 229 S. m. 83 Abbildgn. u. 2 Taf. 1906. 5,60 M.

C. Huygens, *Oeuvres complètes, publiées par la Société Hollandaise des Sciences. Correspondence 1638—1695.* 10 Bde. Mit Porträts u. Figuren. La Haye 1888—1905. 260 M.

C. G. Lamb, *Alternating Currents. Textbook for Students of Engineering.* 8°. 334 S. m. Fig. London 1906. Geb. in Leinw. 10,80 M.

J. J. Thomson, *Conduction of Electricity through Gases.* roy. 8°. Mit Fig. Cambridge 1906. Geb. in Leinw. 16,50 M.

Wissenschaft, Die. Sammlung naturwissenschaftl. u. mathemat. Monographien. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

17. Heft. E. Gehrcke, Die Anwendung der Interferenzen in der Spektroskopie u. Metrologie. IX, 160 S. m. 73 Abbildgn. 1906. 5,50 M.; geb. in Leinw. 6,20 M.

E. Holm, Das Objektiv im Dienste der Photographie. 2., durchgeseh. Aufl. gr. 8°. VII, 152 S. m. zahlreich. Textfig. u. Aufnahmen. Berlin, G. Schmidt 1906. Geb. in Leinw. 6 M.

T. H. Poynting u. **J. J. Thomson,** *Textbook of Physics: Sound.* 4. Ausg. 8°. 176 S. m. Fig. London 1906. Geb. in Leinw. 8,80 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **S. Czapski**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVII. Jahrgang. **Februar 1907.** Zweites Heft.

Über die Verzeichnungsfehler photographischer Objektive.

Von

Dr. **E. Wandersleb** in Jena.

Ein photographisches Objektiv hat, von hier nicht betrachteten seltenen Fällen abgesehen, den Zweck, eine zur Systemachse senkrechte Objektebene E.-E. (= Einstellungs-Ebene) in eine ebenfalls zur Achse senkrechte Bildebene M.-E. (= Mattscheiben-Ebene), in der sich die Mattscheibe oder die photographische Platte oder ein Projektionsschirm befindet, abzubilden. Die Aufgabe bleibt dieselbe, wenn nicht ein ebenes Objekt vorliegt, sondern ein räumliches. An die Stelle des ebenen Objekts tritt dann „das objektseitige Abbild" der der Abbildung dargebotenen Punkte des räumlichen Objekts. Man erhält es, wenn man diese Punkte mit der Eintrittspupille E.-P. des Objektivs als Projektionsbasis in die E.-E. projiziert.

Die M.-E. wird im folgenden als mit der „Gaußischen Bildebene" zusammenfallend vorausgesetzt, enthält also den Punkt der Achse, in dem das Objektiv das vom Achsenpunkte der E.-E. ausgehende parachsiale Strahlenbüschel homozentrisch vereinigt. Nach bekannten Regeln liegt somit die M.-E. um die Strecke $\mathfrak{x}' = f/N$ hinter dem bildseitigen Brennpunkte des Objektivs, wenn die E.-E. um die Strecke $\mathfrak{x} = f \cdot N$ vor dem objektseitigen Brennpunkte liegt, und der Reduktionsmaßstab ist

$$\frac{f}{\mathfrak{x}} = \frac{1}{N} = \frac{\mathfrak{y}'}{\mathfrak{y}}, \qquad 1)$$

wo $\mathfrak{y}$ und $\mathfrak{y}'$ die Achsenabstände konjugierter Punkte in der E.-E. und der M.-E. darstellen.

Die letzte Gleichung gilt in der Gaußischen Dioptrik unbeschränkt, da sie hier lediglich als Folgerung aus der Kollineation von Objekt- und Bildraum erscheint. Für wirkliche abbildende Systeme gilt sie dagegen zunächst nur für das Element der M.-E., das den Achsenpunkt umgibt, d. h. es ist allgemein nur

$$\lim_{\mathfrak{y}=0} \frac{\mathfrak{y}'}{\mathfrak{y}} = \frac{1}{N}. \qquad 2)$$

Bleibt der Quotient $\mathfrak{y}' : \mathfrak{y}$ für alle Werte von $\mathfrak{y}$ konstant, so ist die Abbildung ähnlich, also frei von Verzeichnung. Ändert sich der Quotient mit wachsendem $\mathfrak{y}$, so ist die Abbildung nicht mehr ähnlich, und die Differenz

$$\left(\frac{\mathfrak{y}'}{\mathfrak{y}} : \frac{1}{N}\right) - 1 \qquad 3)$$

ist das gegebene Maß für die Verzeichnung.

Bei endlicher Öffnung des Objektivs erscheinen auf der M.-E. wegen der Aberrationen des abbildenden Systems mehr oder minder große Zerstreuungsscheiben anstatt der Bildpunkte. Man kommt jedoch auch hier sofort zu einer genügenden Definition

des Bildorts, wenn man die Blende genügend verengert. Somit ist $\mathfrak{y}'$ definiert als der Abstand des Durchstoßungspunkts O_w' des Hauptstrahls (Fig. 1)[1]):

$$\mathfrak{y} = OP \cdot \operatorname{tg} w, \qquad \mathfrak{y}' = O'P' \cdot \operatorname{tg} w'. \qquad 4)$$

Das Hauptstrahlenbüschel ist seiner Definition zufolge am Orte der Blende selbst im strengen Sinne homozentrisch. Vor seinem Eintritt in die Vorderlinse jedoch ist es im allgemeinen mit sphärischer Aberration behaftet, ebenso nach seinem Austritt aus der Hinterlinse. Die Lage der Achsenpunkte P und P' ist also vom Neigungswinkel $\bar{w}$ an der Blende abhängig. Ihre Orte für verschwindend kleine Werte von $\bar{w}$, d. h. die Gaußischen, von der Front- und Hinterlinse entworfenen virtuellen Bilder des Blendenmittelpunkts, sind die Mitten P_0 und P_0' der Eintritts- und der Austrittspupille[2]). Wir nennen die Aberrationen $PP_0 = \delta$; $P'P_0' = \delta'$ und die Pupillenabstände der Objekt- und Bildebene $OP = x_0$, $O'P' = x_0'$ und erhalten

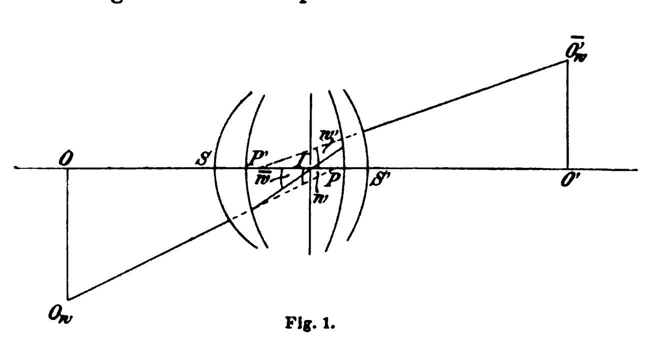


Fig. 1.

$$\frac{\mathfrak{y}'}{\mathfrak{y}} = \frac{x_0' + \delta'}{x_0 + \delta} \cdot \frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w}, \qquad 5)$$

wo w und w', δ und δ' sämtlich als Funktionen der unabhängigen Variabeln $\bar{w}$ anzusehen sind.

Vernachlässigt man zunächst einmal die sphärischen Aberrationen δ und δ' der Pupillen, so bleibt als Bedingung für die Verzeichnungsfreiheit die übrig, daß das Tangentenverhältnis für die Pupillen konstant sein muß. A. Steinheil stellt in dem von ihm geschriebenen einleitenden Kapitel des Werks von J. M. Eder, „Die photographischen Objektive, ihre Eigenschaften und ihre Prüfung“[3]) die Erfüllung der Sinusbedingung als Kriterium für die „Verzerrung“ hin. Nach M. von Rohrs Ansicht[4]) „findet dieser Widerspruch ... vielleicht dadurch Erklärung, daß er [A. Stein- „heil] unter ‚Verzerrung‘ nicht das versteht, was hier darunter begriffen ist. Während „hier der Ausdruck ‚Verzerrung‘ als gleichbedeutend mit Verzeichnung (Wiedergabe „gerader Linien als gekrümmter, Distortion) gebraucht wurde, hat A. Steinheil ihn „vielleicht auf die Bildform seitlicher Punkte bezogen“.

Es ist wünschenswert, daß die Ausdrücke Verzeichnung, Distortion, Verzerrung ausschließlich für den Bildfehler gebraucht werden, der das Zustandekommen winkeltreuer Abbildung konjugierter Objekt- und Bildebenen verhindert. Sonst sind Mißverständnisse kaum zu vermeiden. Vielleicht sind z. B. folgende Angaben[5]) über

[1]) Identisch mit Fig. 58 des Werkes: M. von Rohr, Die Bilderzeugung in optischen Instrumenten vom Standpunkt der geometrischen Optik. Bearb. v. den wissenschaftl. Mitarbeitern an der opt. Werkstätte von C. Zeiß, P. Culmann, S. Czapski, A. König, F. Löwe, M. von Rohr, H. Siedentopf, E. Wandersleb. gr. 8°. XXII, 587 S. m. 133 Textfig. Berlin, J. Springer 1904.

[2]) In der Figur nicht gezeichnet.

[3]) 8°. VIII, 273 S. Halle, W. Knapp 1891. *S. 25.*

[4]) M. von Rohr, Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs. Nach Quellen bearbeitet. gr. 8°. XX, 436 S. mit 148 Textfig. u. 4 lith. Taf. Berlin, J. Springer 1899. *S. 307.*

[5]) Ein neuer Goerzscher Anastigmat 1:5,6 (ohne Nennung des Verfassers). *Eders Jahrb. f. Photogr. u. Reproduktionstechnik* **12.** *S. 132. 1898.* Es handelt sich hier um das holo- oder hemisymmetrische Satzobjektiv, dessen Hälften aus je 5 miteinander verkitteten Linsen bestehen.

ein 5-linsiges Einzelobjektiv mit Vorderblende auf die Steinheilsche Äußerung zurückzuführen. An der zitierten Stelle wird nämlich behauptet, daß „auch im „Einzelsystem ... die störenden Fehler der einfachen Linsensysteme: Distortion und „Astigmatismus, vollkommen behoben sind"; und weiter wird gesagt: „dieses Einzel-„objektiv vereinigt demnach die guten Eigenschaften der alten einfachen Landschafts-„linse mit den Vorzügen der modernen, korrekt zeichnenden Doppel-Objektive, indem „es die Brillanz jener mit der Exaktheit der letzteren verbindet". In Wirklichkeit ist bei diesem Objektiv die Verzeichnung stärker als bei der alten französischen Landschaftslinse, aber die Sinusbedingung ist für die bildseitige Brennebene in höherem Grade erfüllt als bei den Einzelgliedern der meisten symmetrischen Objektive.

Daß von dem Ausdruck 5) alle Untersuchungen über die Verzeichnungsfreiheit auszugehen haben, hat zuerst M. von Rohr klar ausgesprochen[1]). Auch hat er den Ausdruck eingehend diskutiert. Besonderes Interesse hatten damals und haben jetzt noch die Folgerungen, die sich für symmetrische Objektive ergeben. Bei diesen ist das Konvergenzverhältnis der Hauptstrahlen $\operatorname{tg} w' : \operatorname{tg} w = 1$, konstant für alle Werte von $\bar{w}$, und diese Tatsache wurde bis dahin noch fast allgemein als die notwendige und hinreichende Bedingung für die Verzeichnungsfreiheit überhaupt angesehen. Kraft der Symmetrie zur Blendenebene ist $\delta = \delta'$ für jeden Wert von $\bar{w}$, und unsere Formel zeigt, daß deshalb der Wert $\mathfrak{y}' : \mathfrak{y}$ nur für den Fall $x = x'$ konstant ist, daß mithin symmetrische Objektive verzeichnungsfrei sind zunächst nur für den Fall der Abbildung in natürlicher Größe ($N = 1$). Sollen sie auch für andre Werte von N verzeichnungsfrei sein, so ist die notwendige und hinreichende Bedingung dafür $\delta = \delta' = 0$. M. von Rohr weist in seiner Abhandlung darauf hin, daß es zwei Objektive gibt, bei denen diese Bedingung ohne Einschränkung erfüllt ist, nämlich Th. Suttons *panoramic lens* und H. Schröders Kugellupe. Bei diesen beiden Typen sind die brechenden Flächen konzentrisch zum Blendenmittelpunkt, sodaß die Hauptstrahlen wie bei der Lochkamera das System ohne Ablenkung durchlaufen. Auf eine weitere Klasse von Systemen, bei denen die Tangentenbedingung und die Bedingung $\delta = \delta' = 0$ im strengen Sinne erfüllt sind, haben A. König und M. von Rohr aufmerksam gemacht[2]).

Daß auch dann, wenn das Tangentenverhältnis nicht konstant ist — ein Fall, der bei unsymmetrischen Objektiven eintreten kann — die Verzeichnung für einen bestimmten Abbildungsmaßstab N korrigiert werden kann, hebt von Rohr ausdrücklich hervor.

In der Erkenntnis der Bedeutung der Pupillenaberrationen δ und δ' für die Verzeichnung hat von Rohr Vorgänger gehabt. In der in Rede stehenden Abhandlung weist er auf D. Kämpfer und O. Lummer hin, und in einem wenig später erschienenen „Beitrag zur geschichtlichen Entwickelung der Ansichten über die Verzeichnungsfreiheit photographischer Objektive"[3]) berichtet er über die mehr oder weniger klare Einsicht, die schon einige Jahrzehnte früher R. H. Bow (1861), Th. Sutton (1862 und 1864), J. E. Hilgard (1863) und H. Morton (1868), englische und amerikanische Optiker und Amateure, vermittelt haben.

---

[1]) M. von Rohr, Über die Bedingungen für die Verzeichnungsfreiheit optischer Systeme mit besonderer Bezugnahme auf die bestehenden Typen photographischer Systeme. *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 271. 1897.*

[2]) Auf *S. 241* des unter [1]) auf *S. 34* zitierten Werks.

[3]) *Diese Zeitschr.* **18.** *S. 4. 1898.*

Kämpfer[1]) hat, nach dem Zeitpunkt der Veröffentlichung zu schließen, schon 1896 auf Anregung von Koppe bei einer Reihe von symmetrischen Objektiven die Verzeichnung bestimmt und als Grund für ihr Vorhandensein die Pupillenaberrationen erkannt. Er verwertet diese Kenntnis, um ein — symmetrisches — Kollinear durch sphärische Korrektion des Hauptstrahlenbüschels für alle Werte von N so vollkommen verzeichnungsfrei zu machen, daß es empfindlichen photogrammetrischen Arbeiten genügt.

Die Auseinandersetzungen Lummers[2]) über „die Bedingung für winkelgetreue Zeichnung (Orthoskopie)" erschienen kurz vor der Abhandlung von Rohrs. Sie sind jedoch durchweg auf die engere Aufgabe gerichtet, die Bedingungen für die Orthoskopie bei beliebigem N zu fixieren, wohl deshalb, weil sie durchaus auf der geometrischen Anschauung fußen, die jenes Ziel besonders deutlich hervortreten läßt, während die analytische Methode von Rohrs von vornherein die allgemeine Behandlung des Problems zugänglicher macht. Lummer stellt die richtigen Bedingungen für die von N unabhängige Orthoskopie auf, nämlich neben der Tangentenbedingung die aberrationsfreie Abbildung des Blendenorts durch das Vorder- und das Hinterglied. Hier[3]) macht er die wichtige Bemerkung, „daß auch beim „zusammengesetzten System die Bedingung der Orthoskopie mit der Forderung nach „großer Lichtstärke in gewissem Widerspruch steht. Im allgemeinen wenigstens „dürfte schwerlich ein System ohne weiteres gleichzeitig für die Ein- und Austritts- „pupille und für den Ort des relativ entfernten Objekts und dessen Bild, wenigstens „bei großem Öffnungsverhältnis, frei von sphärischer Aberration sein".

Diese Bemerkung führt auf folgenden Gedankengang: Soll in einem optischen System für zwei getrennte Paare, und damit für alle Paare, von konjugierten Ebenen innerhalb eines großen Gesichtsfelds die Verzeichnung korrigiert sein, und soll es gleichzeitig auch nur einen bestimmten Achsenpunkt, z. B. den der unendlich fernen Objektebene, mit großer Öffnung abbilden, so fällt diese Forderung zusammen mit der: Es sollen gleichzeitig zwei Paare von konjugierten Achsenpunkten, die weit voneinander entfernt liegen, mit weitgeöffneten Strahlenbüscheln — der Öffnungswinkel $2u$ kann beim photographischen Objektiv mehr als 12° betragen, das Gesichtsfeld $2w$ mehr als 50° — aufeinander abgebildet werden, *die sphärisch korrigiert sind.* Man kann nun im Hinblick auf die Unvereinbarkeit der Sinusbedingung mit der Herschelschen Bedingung vermuten, daß die Erfüllbarkeit der obigen Forderung einerseits und die Sinusbedingung andrerseits sich im allgemeinen gegenseitig beschränken, wenn auch einige singuläre Fälle bekannt sind, wo diese Beschränkung nicht eintritt. Von dem Grade der Sinusbedingung hängt die Größe der Öffnung ab, mit der eine punktförmige Abbildung auch nur eines Flächenelements in der Nachbarschaft des Achsenpunkts erreicht werden kann. Bestätigt sich deshalb jene Vermutung, so kann man weiter folgern, daß man der vom Abbildungsmaßstab N unabhängigen Orthoskopie um so näher kommen kann, je kleiner die Öffnung sein darf, bei der das Objektiv noch ein scharfes Bild entwirft, und daß man um so weiter von jenem Ziele zurückbleiben muß, je größer die Öffnung.

Auf die symmetrischen Objektive ausgedehnt, würde der Satz, kraß ausgedrückt, lauten: Symmetrische Objektive können bei großer Öffnung kein verzeichnungsfreies

[1]) D. Kämpfer, Neue Objektive der Firma Voigtländer & Sohn für photogrammetrische Zwecke. *Eders Jahrb. f. Photogr. u. Reproduktionstechnik* **11.** *S. 247. 1897.*

[2]) Vgl. *S. 217* der Abhandlung von O. Lummer, Beiträge zur photographischen Optik. *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 208. 1897.*

[3]) *A. a. O. S. 227.*

und zugleich scharfes Bild eines entfernten Objekts entwerfen. In fast derselben krassen Form ist der Satz wirklich schon ausgesprochen worden, und zwar in dem Werke von H. Bruns über das „Eikonal“[1]). Dieses Werk nimmt seinen Ausgang von der Überlegung, daß jede geometrische Abbildung eines Objektraums auf einen Bildraum, die durch eineindeutig zugeordnete Strahlen vermittelt wird und der Malusschen Bedingung genügt, eine Berührungstransformation vorstellt. Da nun die optischen Abbildungen, abgesehen von wenigen hier nicht in Frage kommenden Fällen, jene Voraussetzungen erfüllen, so müssen ihre Abbildungsgesetze mit den Gleichungen der Berührungstransformation in Einklang stehen, ähnlich wie die ohne Rücksicht auf die Verwirklichung der Abbildung entwickelte Abbesche Abbildungstheorie sich aus den Gesetzen der Kollineation ableiten läßt. In Verfolgung seines Ziels kommt nun H. Bruns unter anderm zu dem Resultat[2]):

„*Hiernach sind die symmetrischen Systeme mit einem prinzipiellen Mangel behaftet: wenn* „[— unter Voraussetzung eines fernen Objekts —] *bei gegebener Öffnung hinreichende Korrekt-* „*heit der Zeichnung innerhalb eines gegebenen Bildwinkels verlangt wird, so läßt sich die Bild-* „*schärfe* [— innerhalb des gegebenen Bildwinkels —] *durch keine Wahl der brechenden* „*Flächen über eine bestimmte, theoretisch im voraus feststehende Grenze steigern.* Daß man „dieser Grenze bei vorhandenen photographischen Objektiven bereits sehr nahe ge- „kommen ist, läßt sich durch eine kleine Überschlagsrechnung bei mehreren Stein- „heilschen Konstruktionen aus den Werten der Öffnung und des nutzbaren Bild- „winkels unschwer erweisen. Da der verbleibende Rest von Unschärfe mit dem „Wesen der Symmetrie notwendig zusammenhängt, so ist seine weitere Verminderung „nur durch den Verzicht auf die Symmetrie zu erreichen.“

Wie man sieht, ist die Frage nach der Verzeichnungsfreiheit photographischer Objektive schon vor zehn Jahren eingehend theoretisch behandelt worden, und im besondern ist für die symmetrischen Objektive aus ganz allgemeinen Gesetzen gefolgert worden, nicht nur daß sie nicht von vornherein verzeichnungsfreie Abbildungen ergeben, sondern daß die Orthoskopie für den praktisch wichtigsten Fall $N = \infty$ entweder überhaupt nicht erfüllt werden kann oder, wenn sie herbeigeführt wird, die benutzbare Öffnung des Objektivs einschränkt, während für die unsymmetrischen Objektive diese Alternative nicht besteht. Seltsamerweise wird trotz alledem das Dogma von der Verzeichnungsfreiheit symmetrischer Objektive schlechthin immer noch aufrecht erhalten. Dazu beitragen mag die Tatsache, daß selbst bei sehr lichtstarken symmetrischen Objektiven die Abweichungen von der Orthoskopie für $N = \infty$ noch weit hinter denen zurückbleiben, die durch sehr große Aberrationen der Tangentenbedingung bei unsymmetrischen Objektiven leicht herbeigeführt werden können und bei den Einzelobjektiven mit Vorderblende auch allgemein herbeigeführt werden. Bei Fachleuten wenigstens sollte man die Kenntnis von der Bedeutung der Pupillenaberrationen für die Verzeichnung voraussetzen dürfen. Aber selbst da geht die Verkennung oder die Mißachtung des wirklichen Sachverhalts so weit, daß man die Behauptung ausspricht, unsymmetrische Objektive seien im Gegensatze zu den symmetrischen auch für den Fall $N = \infty$ prinzipiell mit erheblichen Verzeichnungsfehlern behaftet.

(Schluß folgt.)

[1]) *Abh. d. math.-phys. Kl. der Kgl. Sächs. Gesellsch. d. Wiss.* **21.** *S. 325—435. 1895.* — Auch *Sonderabdruck. gr. 8°. 113 S. Leipzig, S. Hirzel 1895.*

[2]) *A. a. O. S. 421* [*99*].

Interferenzapparat zur Messung elastischer Dehnungen von Stäben.

Von
E. Grüneisen.
(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Den Elastizitätsmodul kann man am einfachsten definieren als das Verhältnis der Spannung zur Längsdilatation eines zylindrischen Stabes. In unmittelbarem Anschluß an diese Definition findet man daher den Elastizitätsmodul durch Messung der Längenänderung eines Stabes beim Strecken durch bekannte Lasten. Die Methode hat vor anderen den Vorteil, daß alle Teile des Materials in der gleichen Weise beansprucht werden, daß man also am ehesten einen richtigen Mittelwert des Moduls erhält. Sie wird häufig angewendet, wobei, um noch gut meßbare Längenänderungen zu erzielen, entweder das Material in Drahtform untersucht oder die Belastung stärkerer Stäbe bis zu vielen Tonnen Gewicht gesteigert wird. Letzteres geschieht z. B. in den modernen mechanisch-technischen Laboratorien[1]), wo zur Messung der Verlängerung verschiedene Formen von Spiegelapparaten dienen, die in Verbindung mit Fernrohr und Skale Längenänderungen bis auf Größen von der Ordnung 0,0001 *mm* schätzen lassen. Immerhin sind in allen diesen Fällen ziemlich starke Deformationen zur Messung erforderlich.

Im vorliegenden Fall war das Material, an dem der Elastizitätsmodul bestimmt werden sollte, einerseits in Stabform gegeben (27 *cm* Länge, 1 bis 2 *cm* Durchmesser), andererseits war die Anwendung sehr starker Belastungen aus verschiedenen Gründen zu vermeiden. Es genügt hier zu erwähnen, daß z. B. Stäbe aus Blei, Wismut, Zinn und Kadmium untersucht werden sollten, denen wegen ihrer starken elastischen Nachwirkung nur sehr schwache Deformationen zugemutet werden dürfen. So entstand die Aufgabe, die Messung der Längenänderungen nach Möglichkeit zu verfeinern. Am aussichtsvollsten erschien es, hierbei das Interferenzprinzip zugrunde zu legen, das schon so vielfach und erfolgreich zur Messung thermischer Ausdehnungen, elastischer Biegungen u. s. w. verwendet worden ist.

Da einfache elastische Dehnungen in dieser Weise noch nicht gemesssen zu sein scheinen, wird eine ausführlichere Beschreibung der benutzten Anordnung[2]) einiges Interesse bieten, zumal da die Schwierigkeiten an Stellen auftreten, wo man sie zunächst nicht vermutet.

1. Haidingersche Ringe in planparallelen Platten.

Es sei zunächst an die Entstehungsweise derjenigen Interferenzerscheinung kurz erinnert, welche bei den folgenden Messungen benutzt ist. Haidingersche Ringe entstehen z. B., wenn monochromatisches Licht durch eine planparallele Schicht hindurchtritt, deren Grenzflächen das auffallende Licht teils durchlassen, teils reflektieren, durch die Interferenz der direkt und nach mehrfacher Reflexion hindurchgekommenen parallelen Strahlen. Vereinigt man diese durch eine Sammellinse auf deren Brennebene, so entsteht hier ein System von hellen und dunklen Ringen.

Betrachten wir einen Strahl, der, aus Luft kommend, mit dem Einfallswinkel φ auf die Luftschicht von der Dicke D trifft (Fig. 1). Die spiegelnden Grenzflächen

[1]) Vgl. z. B. A. Martens, Materialienkunde I. Berlin, J. Springer 1898; ferner: Das Königl. Materialprüfungsamt der Techn. Hochschule Berlin. Denkschrift zur Eröffnung, bearb. von A. Martens und M. Guth. Berlin, J. Springer 1904.

[2]) Der Apparat wurde in der Werkstatt der Abt. I der Reichsanstalt von Hrn. Schönfeld ausgeführt.

seien durch einseitige schwache Versilberungen auf planparallelen Glasplatten gebildet, deren Wirkung auf den Strahlengang hier nicht in Betracht kommt. Dann ist der Gangunterschied zwischen den direkt und nach wiederholter Reflexion austretenden Strahlen

$$d = 2D\cos\varphi, \qquad 1)$$

oder ein ganzzahliges Vielfaches dieser Größe. Entsprechend diesem Gangunterschiede besteht eine bestimmte Helligkeit im Vereinigungspunkte der Strahlen in der Brennebene der auffangenden Linse. Gleiche Helligkeit herrscht auf dem ganzen Kreise, in welchem sich alle die Strahlen des auffallenden Lichts vereinigen, die den Neigungswinkel φ mit der Normalen der Parallelschicht bilden.

Eine Änderung des Gangunterschiedes d um eine ganze Zahl von Wellenlängen λ des benutzten Lichtes wird die Helligkeit in jenem Vereinigungspunkte unverändert lassen.

Nun ändere sich d um $\nu\lambda$ ($\nu = 1, 2, 3\ldots$) *erstens* dadurch, daß D um

$$\varDelta D = \frac{\nu\lambda}{2\cos\varphi} \qquad 2)$$

sich ändert, während der Einfallswinkel φ konstant bleibt. Dann werden sich die betrachteten Strahlen stets an demselben Punkte der Brennebene vereinigen; ihr Gangunterschied und damit die Helligkeit wird hier aber ν-mal wechseln, bis der ursprüngliche Wert wieder erreicht ist. Dieser Fall liegt meinen Beobachtungen zugrunde.

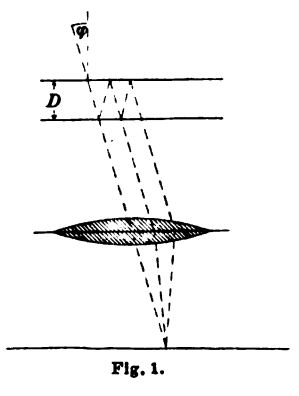


Fig. 1.

Zweitens aber kann eine Änderung von d dadurch hervorgebracht werden, daß das einfallende Licht seinen Einfallswinkel φ ändert, während die Schichtdicke D konstant bleibt. Für $\varphi = 0$ ist der Gangunterschied $2D$. Nehmen wir speziell an, $2D$ sei ein ganzzahliges Vielfaches von λ, so geben die Strahlen $\varphi = 0$ ein Ringzentrum mit maximaler Helligkeit. Lassen wir φ wachsen, bis d um $\varrho\lambda$ abgenommen hat ($\varrho = 1, 2, 3\ldots$), so wiederholt sich zum ϱ-ten Male ein Helligkeitsmaximum im Vereinigungskreise der austretenden Strahlen. Die Winkel φ_ϱ, bei denen dies geschieht, sind gegeben durch

$$2D - 2D\cos\varphi_\varrho = \varrho\lambda$$

oder

$$\cos\varphi_\varrho = 1 - \frac{\varrho\lambda}{2D}. \qquad 3)$$

Wenn man nun, wie es hier geschah, bei Beobachtung des Ringsystems am Orte des 2. oder 3. Ringes eine feste Marke anbringt, an der die bei einer Änderung von D vorüberwandernden Ringe gezählt werden, so hat man für ϱ einzusetzen 2 oder 3. Bei Benutzung grünen Quecksilberlichts ist

$$\frac{\lambda}{2} = 0{,}000273\ mm,$$

D wurde zwischen 2 und 3 *mm* gewählt. Daraus folgt, daß $\cos\varphi_\varrho$ nur um etwa 0,0003 von 1 verschieden ist. Man darf daher auch unter den angegebenen Verhältnissen in Gleichung 2) statt $\cos\varphi$ eine Eins setzen und schreiben

$$\varDelta D = \nu\frac{\lambda}{2}. \qquad 4)$$

Die Dickenänderung der Planparallelschicht, welche am Orte des 2. oder 3. Interferenzringes zum ν-ten Male wieder ein Helligkeitsmaximum hervorbringt, kann gleich dem ν-fachen der halben Wellenlänge des benutzten Lichtes gesetzt werden.

2. Montierung der Interferenzglasplatten am Stabe.

Um die soeben abgeleitete einfache Beziehung zur Messung der elastischen Stabdehnungen verwerten zu können, handelt es sich wesentlich darum, *plane, schwach versilberte Glasflächen so mit dem Stabe zu verbinden, dafs sie einerseits eine zur Stabrichtung senkrechte, planparallele Luftschicht von etwa 2 bis 3 mm Dicke begrenzen, andererseits die Abstandsänderung zweier möglichst voneinander entfernter Stabquerschnitte bei der Dehnung des Stabes mitmachen*[1]). Dann gibt nach Abschn. 1 die Anzahl der hervorquellenden oder versinkenden Ringe die Entfernungs-Zunahme oder -Abnahme jener Querschnitte in halben Lichtwellen. Dem angegebenen Prinzip entsprechend wurde folgende Vorrichtung getroffen, die in schematischer Skizze aus Fig. 2, im einzelnen aus den Fig. 3 und 4 zu ersehen ist.

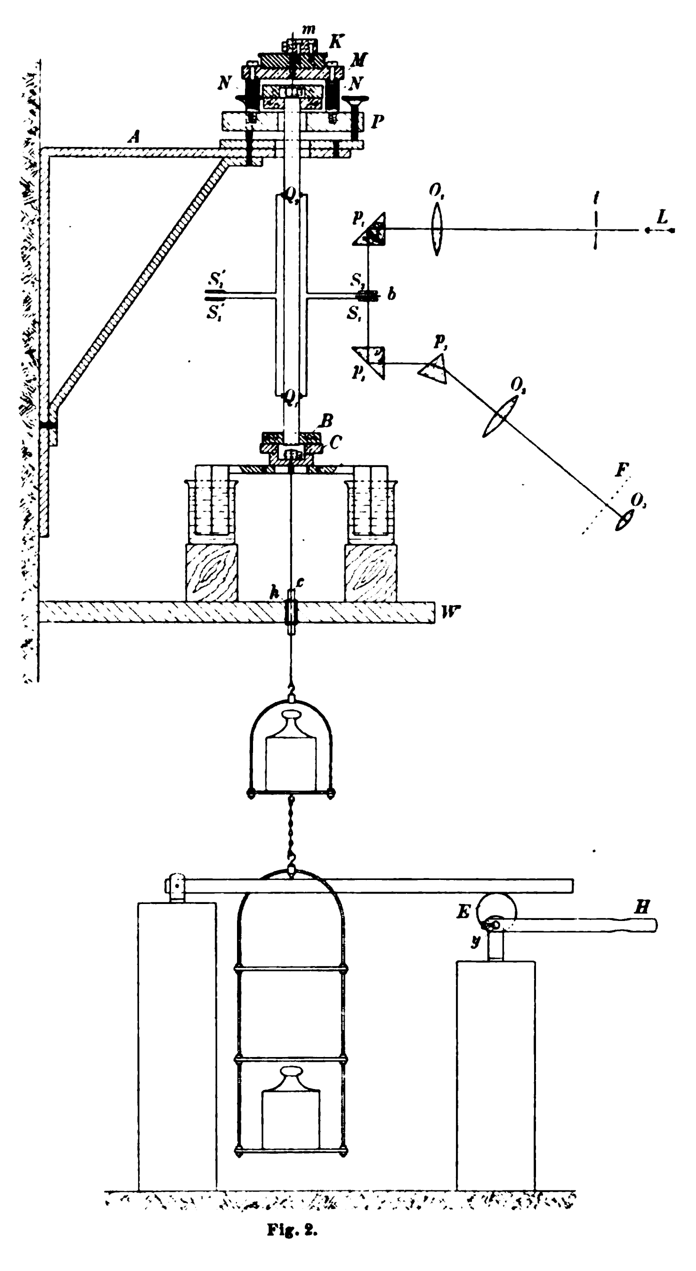


Fig. 2.

Über die Streckvorrichtung des Stabes, die in Abschnitt 5 besprochen wird, sei zunächst nur bemerkt, daß sie den Stab *in senkrechter Lage* ohne seitliche Verschiebungen zu dehnen gestattet.

Von den zwei Glasplattenträgern werde der untere (Fig. 3) zu den Platten $S_1\, S_1'$ gehörige beschrieben.

Er besteht aus einem röhrenförmigen, an den Stabquerschnitt Q_1 mittels dreier Spitzenschrauben *s* aus gehärtetem Stahl anklemmbaren Teil T und aus einem Ringstück R mit zwei Diaphragmen zur Aufnahme der Glasplatten (Fig. 3 u. 4). Beide Stücke können verstellbar miteinander verbunden werden. Dazu endigt das Rohr T in einem stärkeren Ringstück (Fig. 3 u. 4) mit drei armartigen Fortsätzen *a*, gegen die der Ring R durch drei Stahlfedern *f* angedrückt wird. Die Arme *a* haben aber außerdem noch Durch-

[1]) Die beiden Stabquerschnitte müssen natürlich so weit von den Einspannvorrichtungen der Stabenden entfernt sein, daß dort die Deformation bereits einer reinen Dehnung entspricht. Das ist schon in geringer Entfernung (etwa 2 bis 3 *cm*) von den Stabenden der Fall.

bohrungen mit eingeschnittenem Gewinde zur Aufnahme dreier Kuppenschrauben k, die eine Verstellung des Ringes R und damit der Glasflächen gegen den Träger T oder den Stabquerschnitt Q_1 ermöglichen. Sie sind deshalb stets so weit eingeschraubt, daß der Ring R nur auf ihren Kuppen aufliegt.

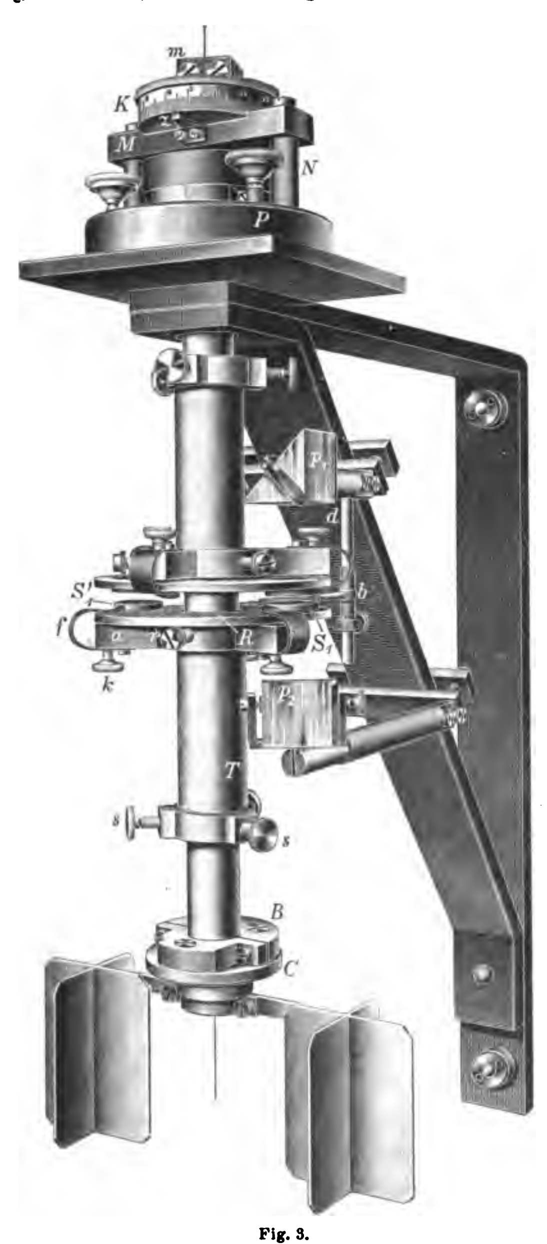


Fig. 3.

Der Träger der Glasplatten $S_2\,S_2'$ ist ebenso eingerichtet. Beide Träger werden in der aus Fig. 3 ersichtlichen Weise an dem Stabe festgeklemmt, sodaß S_1 und S_2 bezw. S_1' und S_2' (Fig. 2) sich einander mit 2 bis 3 *mm* Abstand gegenüberstehen. Damit sind alle Bedingungen gegeben, um bei schwacher Versilberung der einander zugekehrten Glasflächen zwei planparallele Luftschichten herzustellen, die zur Stabrichtung senkrecht stehen und die Abstandsänderung der Querschnitte $Q_1\,Q_2$ mitmachen. Die Notwendigkeit *zweier* Plattenpaare wird sich in Abschn. 4 ergeben. Über die Justierung des Apparats vgl. Abschn. 8. Hier sei nur noch auf die drei Kuppenschrauben r (Fig. 3 u. 4) hingewiesen, die beim Überschieben der Träger T über den Stab so weit eingeschraubt werden, daß der Stab zentrisch zu den Rohren sitzt. Sie werden erst gelöst, nachdem die Schrauben s fest angezogen sind.

Um die Schrauben s, an denen die Träger hängen, möglichst zu entlasten, sind alle Stücke aus Aluminium gefertigt, ausgenommen die stählernen Schrauben und Federn. Die wichtigsten Teile haben etwa folgende Dimensionen. Rohr T: 2,3 *cm* lichte Weite, 7,8 *cm* Länge; Ring R: 0,25 *cm* Dicke, 8,6 *cm* äußerer, 2,5 *cm* innerer Durchmesser; Diaphragmen: 1,8 *cm* Durchmesser, Abstand ihrer Mittelpunkte von der Mitte des Ringes R 3,1 *cm*. Die Glasplatten sind aus einer größeren von Hrn. H. Haecke in Berlin plan geschliffenen, schwach keilförmigen Platte[1]) von 9,5 *cm* Durchmesser herausgeschnitten, haben 1,8 *cm* Durchmesser und sind einseitig schwach versilbert. Sie werden mit je drei Klümpchen aus weichem Wachs in die Diaphragmen eingesetzt, und zwar so, daß die versilberten Flächen der zwei an *einem* Ringstück

[1]) Bei der Justierung wurden die Keile der sich gegenüberstehenden Platten gegen einander gerichtet, sodaß beide zusammen nahezu einer planparallelen Platte gleich kamen. Wegen der Keilform konnten keine störenden Interferenzringe in den Glasplatten selbst entstehen.

befestigten Platten einander möglichst parallel sind (es genügt z. B. beide horizontal zu richten, indem man dafür sorgt, daß sich ein Senkel nach jeder Richtung ungebrochen spiegelt).

3. Die vom Stabe getrennte optische Einrichtung.

Die zur Erzeugung und Beobachtung der Interferenzringe gebrauchte Einrichtung wird durch Fig. 2 schematisch angedeutet. Das von einer mit etwa 8 Ampere betriebenen Quecksilberlampe L kommende Licht beleuchtet den Spalt t, dessen durch die Linse O_1 parallel gemachtes Licht vom Prisma p_1 total reflektiert und so durch die horizontale Interferenzluftplatte zwischen S_1 und S_2 geschickt wird. Hier entstehen die in Abschn. 1 besprochenen Interferenzen, die auf der Netzhaut eines auf Unendlich eingestellten Auges das in den Farben der Hg-Linien bunte Bild der Haidingerschen Ringe erzeugen, aus dem der Spalt t einen Streifen ausblendet. Zwecks genauer Messung der Ringverschiebung wird das aus S_1 austretende Licht durch das total reflektierende Prisma p_2 horizontal gerichtet, durch ein geradsichtiges Prisma p_3 (in Fig. 2 als gewöhnliches Prisma gezeichnet) spektral zerlegt und durch das Objektiv O_2 eines Fernrohrs konvergent gemacht. Durch das Okular O_3 des Fernrohrs sieht man dann in der Brennebene F von O_2 ein vergrößertes Bild der nach den Farben getrennten Ringsysteme. Alle Beobachtungen wurden an dem grünen System ($\lambda = 0{,}546\ \mu$) ausgeführt, das hinreichend von den benachbarten gelben isoliert war. Der in der Brennebene sich gleichfalls abbildende Spalt wird so gerückt, daß er einen horizontalen, durch das Ringzentrum gehenden Streifen ausblendet (Fig. 5).

Abgesehen von den Glasplatten $S_1 S_2$ ist die ganze im vorigen beschriebene optische Einrichtung vom Stabe getrennt aufgestellt. Das gleiche gilt für eine Blende b (Fig. 2 u. 3) von 0,5 *cm* lichtem Durchmesser, die zwischen die Platten $S_1 S_2$ eingeschoben werden kann, um einen bestimmten Teil der planparallelen Luftschicht zur Erzeugung der Interferenzen abzugrenzen (vgl. Abschn. 4, Schluß). Sie sitzt mit einem massiven Stiel in einer horizontalen federnden Hülse, die ihrerseits von einer senkrechten, eine Achse d federnd umschließenden Hülse getragen wird (Fig. 3), sodaß eine Verstellung der Blende nach jeder erwünschten Richtung hin leicht möglich ist. Ebenso ist eine bequeme Verstellbarkeit der beiden Prismen p_1 und p_2 vorgesehen. Prismen und Blende werden vom gleichen Wandarm getragen wie die Aufhängevorrichtung des Stabes.

4. Elimination des Einflusses von Stabbiegungen durch Beobachtung an zwei Plattenpaaren.

Es ist bekannt[1]), daß man bei allen an Stäben ausgeführten Dehnungsmessungen dafür Sorge tragen muß, daß keine Biegungsmomente auf den Stab ausgeübt werden, oder, da sich diese nie ganz vermeiden lassen dürften[2]), daß man den Einfluß der Biegung auf die Dehnungsmessung eliminiert.

Besonders bei der im vorigen beschriebenen optischen Vorrichtung zur Dehnungsmessung wird sich schon eine äußerst geringe Durchbiegung des Stabes dadurch bemerklich machen, daß die Querschnitte $Q_1 Q_2$ sich gegen einander drehen, wodurch eine gleiche Verdrehung der Platten $S_1 S_2$ und $S_1' S_2'$, verbunden mit gegenseitiger Entfernungsänderung, bewirkt wird. So werden infolge der Übereinanderlagerung

[1]) Vgl. z. B. A. Martens, Materialienkunde I. 1898. § 78, *S.* 47.

[2]) Biegungen können auch bei völlig zentriertem Angriff der Zugkräfte entstehen, wenn der Stab von Anfang an Durchbiegungen besitzt oder inhomogen ist.

von Biegung und Dehnung die an den beiden Plattenpaaren gemessenen Ringverschiebungen verschieden ausfallen, wenn nicht zufällig die Biegungsebene senkrecht auf dem durch die Plattenmitten gehenden Achsenschnitt des Stabes steht. Sorgt man nun aber dafür, daß die bei der Bildung der Interferenzringe wirksamen Teile beider Plattenpaare symmetrisch zur Stabachse liegen, so gibt *das arithmetische Mittel der beiderseits gemessenen Verschiebungen die wahre, vom Biegungseinfluſs befreite Dehnung.*

Wegen der Stabbiegungen also muß man notwendig zwei Plattenpaare anbringen. Die Symmetrie ihrer wirksamen Teile zur Stabachse erreicht man dadurch, daß man den Stab *um seine Achse drehbar* aufhängt (Abschn. 5) und die beiden durch eine halbe Umdrehung des Stabes vertauschbaren Plattenpaare *nacheinander* an derselben festbleibenden Blende *b* (Fig. 2 u. 3) wirken läßt.



Fig. 4.

5. Aufhängung und Belastung des Stabes.

Aus dem Vorigen ergeben sich folgende Bedingungen für die Streckvorrichtung des Stabes:

1. Der Stab soll in senkrechter Lage gedehnt werden.
2. Er soll um seine Achse drehbar sein.
3. Bei beliebig häufiger Wiederholung der gleichen Belastung soll auch die gleiche, möglichst biegungsfreie Deformation des Stabes auftreten.

Die Erfüllung der beiden ersten Bedingungen ist leicht, die der dritten machte anfangs Schwierigkeiten[1]). Schließlich wurde die Aufgabe gelöst durch folgende Anordnung: Der Stab wird am oberen Ende seiner Längsachse von einer im Vergleich mit ihm selbst sehr dünnen bezw. biegsamen Stahlsaite getragen, die andererseits an einem Wandarm befestigt ist. Am unteren Ende der Stabachse greifen die Belastungsgewichte mittels einer gleichen Stahlsaite an. In den Einzelheiten erkennt man die getroffene Einrichtung aus den Fig. 2, 3 u. 4.

Die Verbindung der Saitenenden mit dem Stabe wird durch zwei wesentlich gleiche Klemmvorrichtungen vermittelt, von denen die zur Belastungssaite gehörige kurz beschrieben sei. Ein außen teilweise abgedrehter Messingzylinder *C* besitzt auf einer Seite, die wir die innere nennen wollen, eine 2 *cm* weite koachsiale zylindrische Ausbohrung von 0,85 *cm* Tiefe, die sich in einem etwas über 0,5 *mm* weiten koachsialen Kanal bis zur äußeren Seite von *C* fortsetzt. Durch diese enge Bohrung tritt von

[1]) Ein vergeblicher Versuch wurde z. B. so gemacht, daß mit dem Stabe zwei in der Verlängerung seiner Achse liegende, ihm zugekehrte *Spitzen* starr verbunden wurden, auf deren einer der Stab frei beweglich hing, während an der andern die Belastungsgewichte angriffen. Die Spitzen bildeten offenbar keine hinreichend konstanten Angriffspunkte.

außen die 0,55 *mm* starke Stahlsaite in die weite Bohrung ein, wo ihr Ende zwischen zwei in dieser Bohrung versenkt liegenden, mittels der Schräubchen *u* zusammenschraubbaren eisernen Backen *e* festgeklemmt wird (Fig. 4). An der Außenseite ist das enge Bohrloch von *C* bei fest angezogener Saite mit Zinn verlötet, damit eine Beweglichkeit der Saite gegen *C* möglichst ausgeschlossen wird. Gegen die Innenseite von *C* sind zwei sich zu einem Ringe ergänzende Kupferbacken *B* anschraubbar, die mittels zweier Schrauben *v* (Fig. 4) zu einem den Stab fest fassenden Ringe verbunden werden können. Diese Backen sind für Stäbe von 2 *cm* Dicke berechnet, für die dünneren sind eiserne Futter *g* vorhanden. *Die verschiedenen Teile werden so zusammengefügt, dafs die Saite möglichst in der Fortsetzung der Stabachse liegt.* Die Klemmvorrichtungen haben sich für die angewandten Belastungen (bis etwa 30 *kg*) gut bewährt. Die Zerreißfestigkeit der Saite beträgt etwa 57 *kg*.

In ganz analoger Weise ist die *obere* kurze Saite von nur 2,5 *cm* freier Länge an ihrem unteren Ende mit dem Stabe verbunden. Ihr oberes Ende ist in der auf dem Wandarm *A* feststehenden *Aufhängevorrichtung* (Fig. 2 u. 3) eingeklemmt. Diese besteht aus einer in der Mitte durchbohrten, auf dem Arm *A* mit drei Stellschrauben ruhenden Grundplatte *P*, zwei darauf errichteten Säulen *N* mit ihrem brückenartigen, 2 *cm* breiten Verbindungsstück *M* und der Kopfscheibe *K* von 5 *cm* Durchmesser, die, in *M* 1 *mm* tief eingelassen, die Drehbarkeit um ihre Achse behalten hat. Die Größe der Drehung zeigt ein an *M* befestigter Zeiger *z* auf der in den Umfang von *K* eingeritzten Teilung an.

Das Verbindungsstück *M* und die Kopfscheibe *K* haben 3 bis 4 *mm* weite zentrale Durchbohrungen, durch welche das obere Saitenende nach oben frei heraustritt. Hier wird es zwischen zwei eisernen Backen *m* geklemmt, von denen die größere so auf *K* festgeschraubt ist, daß die Saite in die Drehachse von *K* fällt (Fig. 2).

Die *Belastungsvorrichtung* ist aus Fig. 2 zu erkennen. Die untere, 29 *cm* lange Saite tritt durch das Wandbrett *W* und endigt in einer Öse, in welche die obere der beiden Schalen (0,27 *kg*) mit einer Dauerbelastung von meist 5 *kg* eingehängt ist. Mit ihr ist durch eine kurze eiserne Kette die größere, zwecks bequemer Zentrierung der Gewichte dreiteilige Schale (1,12 *kg*) der Zusatzbelastungen verbunden, die durch einen Hebelarm bis zur Entlastung der Kette gehoben werden kann. Bedient wird dieser Hebelarm, dessen Einrichtung aus Fig. 2 zur Genüge hervorgehen dürfte, vom Beobachtungsplatz aus durch Drehung der auf der Achse *y* sitzenden Exzenterscheibe *E* mittels des an der gleichen Achse sitzenden Handgriffs *H*.

Die *Führung der Saite im Wandbrett W* soll einerseits so fest sein, daß Pendelungen der unten hängenden Gewichtsschalen nicht auf den Stab übertragen werden, andererseits darf sie der senkrechten Bewegung der Saite beim Belasten keinen merklichen Widerstand bereiten. Dies wäre durch eine für die Saite passende Bohrung im Wandbrett zu erreichen gewesen. Um aber zugleich bequem prüfen zu können, ob Stab und Saite bei hinreichender Belastung eine senkrechte Lage haben, besitzt das Wandbrett eine Hülse *h*, in welche ein auf der Saite sehr leicht gleitender (nur mit seinen Endflächen sie berührender) kleiner Hohlzylinder *c* hineinfällt, sobald der Mittelpunkt der Aufhängevorrichtung senkrecht über der Hülse *h* liegt.

Mit der beschriebenen Vorrichtung ließ sich die Belastung und Entlastung des Stabes völlig *erschütterungsfrei* ausführen. Drehende oder pendelnde Schwingungen der Gewichtsschalen wurden durch weiche Pinsel, Erschütterungen des Stabes selbst durch zwei in Glyzeringefäße tauchende Dämpferflügel, die an der unteren Klemmvorrichtung des Stabes befestigt waren (Fig. 2 u. 3), so gut wie vollständig beseitigt.

6. Beobachtung der Ringverschiebung und Berechnung der Stabdehnung.

Fig. 5 soll das im Fernrohr gesehene Bild wiedergeben. Die Ringe sind vollständig gezeichnet, obwohl der außerhalb des horizontalen, durch das Spaltbild ausgeblendeten Streifens liegende Teil in Wirklichkeit nur schwach zu sehen ist. Auf diesem Streifen heben sich ein durch das Zentrum gehender, senkrechter Faden und ein auf den dritten hellen Ring links eingestellter Doppelfaden ab. Jener ist fest, dieser mikrometrisch in horizontaler Richtung verstellbar.

Wir wollen annehmen, die versilberten Flächen der Platten S_1 S_2 seien horizontal eingestellt und erleiden bei der Belastung des Stabes lediglich eine Parallelverschiebung in senkrechter Richtung, verbunden mit einer gegenseitigen Abstandsvergrößerung. Dann wird das Ringzentrum an seinem Orte bleiben, die Ringe selbst aber werden nach außen wandern. Ihre Verschiebung könnte, außer durch Abzählung der am Doppelfaden vorübergewanderten Streifen, durch Nachstellen des Doppelfadens auf den nächsten hellen Streifen mit der Mikrometerschraube ausgemessen werden. *Es ist aber zweckmäßiger, die Belastungsgewichte so abzugleichen, daß eine ganze Zahl von Ringen vorüberwandert,* sodaß nach der Belastung das Ringbild die gleiche Gestalt hat wie vorher. Steht also anfangs der Doppelfaden auf der Mitte eines hellen Streifens ein, so ist das auch nach der Belastung der Fall. Die Vorteile dieser Beobachtungsweise liegen in der Schnelligkeit, die wegen des Temperatureinflusses erwünscht ist (Abschn. 7), und in der Bequemlichkeit, von Mikrometerablesungen befreit zu sein. An Genauigkeit dürfte sie anderen Methoden kaum nachstehen, denn es ließ sich die einem einzigen Ringe entsprechende Belastung im Mittel aus einer Versuchsreihe auf etwa 1% sicher bestimmen, Güte der Ringe bezw. der Platten und der Versilberung vorausgesetzt.

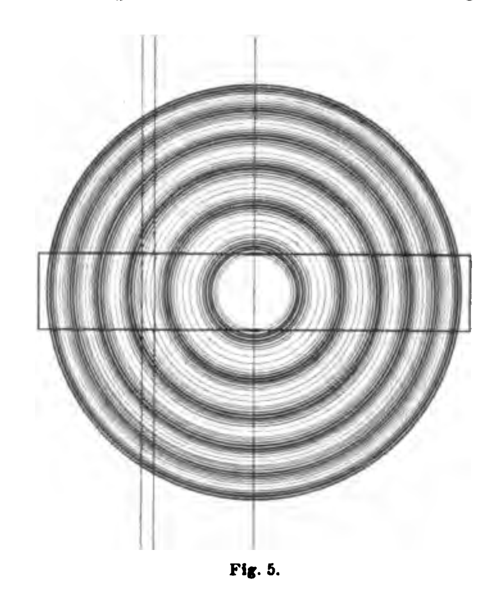


Fig. 5.

Nun erleiden aber die Platten kaum jemals eine reine Parallelverschiebung, sondern führen zugleich kleine Drehungen aus (Abschn. 4), infolge deren sich das Ringzentrum im Gesichtsfelde des Fernrohrs etwas verschieben kann. Während eine geringe Verschiebungskomponente in Richtung der Fäden ohne störenden Einfluß ist, wird durch eine gleiche Komponente senkrecht zu den Fäden bewirkt, daß verschiedene Belastungen π_l und π_r dazu gehören, um links und rechts vom Zentrum ν Ringe vorbeiwandern zu lassen, oder mit anderen Worten, *daß die auf Einheitsbelastung umgerechneten Verschiebungen* $\frac{\nu}{\pi_l}$ *und* $\frac{\nu}{\pi_r}$ *links und rechts verschieden sind. Ihr arithmetisches Mittel gibt die Verschiebung im Ringzentrum mit Elimination der seitlichen Bewegung.* Dieser Verschiebung entspricht eine Belastung π, die gegeben ist durch

$$\frac{\nu}{\pi} = \frac{1}{2}\left(\frac{\nu}{\pi_l} + \frac{\nu}{\pi_r}\right)$$

oder

$$\pi = \frac{1}{2}(\pi_l + \pi_r)\left[1 - \left(\frac{\pi_l - \pi_r}{\pi_l + \pi_r}\right)^2\right]. \qquad 5)$$

Der Unterschied von π gegen das arithmetische Mittel von π_l und π_r kommt nur bei starker seitlicher Verschiebung des Ringzentrums in Betracht.

Für die so berechneten Werte π ergab sich häufig schon *für jedes einzelne Plattenpaar Proportionalität* mit den zugehörigen ν. Dann berechnet man aus einer Wertereihe (ν, π) den wahrscheinlichsten Wert[1]) der Verschiebung δ für die Belastung 1 aus der Formel

$$\delta = \frac{\Sigma \nu^2}{\Sigma \nu \pi}. \qquad 6)$$

Sind diese δ für jedes Plattenpaar verschieden, so gibt ihr arithmetisches Mittel die der Stabdehnung entsprechende Ringzahl.

Nun kommt es aber auch vor, daß *keine Proportionalität* zwischen der an *einem* Plattenpaar beobachteten Verschiebung und der Belastung besteht. Bildet man aber für ein und dieselbe Belastung das Mittel der an *beiden* Plattenpaaren beobachteten Verschiebungen, so erweist sich dies wiederum der Belastung proportional. Durch die Mittelbildung wird der Biegungseinfluß (Abschn. 4) eliminiert. Die Erscheinung rührt also daher, daß in diesen Fällen die Biegung nicht proportional der Belastung ist. Aus den erhaltenen Mittelwerten, deren jeder der wahren Stabdehnung entspricht, wird dann wieder nach der angegebenen Formel der wahrscheinlichste Wert für δ abgeleitet.

Für die beiden in den zwei letzten Absätzen unterschiedenen Fälle wird in Abschn. 8 je ein Beispiel gegeben werden.

Multipliziert man die bei der Belastung 1 gewanderte Ringzahl δ mit der halben Lichtwellenlänge $\lambda/2$, so erhält man nach Abschn. 1 die Dehnung des Stabes zwischen Q_1 und Q_2 für die Belastung 1 im gewöhnlichen Längenmaße.

Die infolge der Stabbiegung eintretenden Verdrehungen der Glasplatten gegen einander bewirken ein Undeutlichwerden der Interferenzringe und setzen so den anwendbaren Belastungen bisweilen eine Grenze.

7. Schutz gegen Temperaturschwankungen.

Obwohl bei Temperaturschwankungen nur die Differenz der thermischen Ausdehnung von Stab und Glasplattenträgern zur Wirkung kommt, so genügt diese doch bei vielen Stäben, um Ringverschiebungen hervorzubringen, die bei Temperaturänderungen von etwa 0,2° C. von der Größenordnung eines Ringes sind. Nun erfordert aber die in Abschn. 6 besprochene Beobachtungsweise der Ringverschiebung lediglich, daß während der Belastungs- oder Entlastungsdauer von nur einigen Sekunden der Temperatureinfluß unmerkbar sei. Einen hierfür ausreichenden Temperaturschutz gab ein auf das Wandbrett W (Fig. 2) gestellter, nach der Wand hin offener, innen mit Watte verkleideter Holzkasten, der den ganzen über dem Wandbrett befindlichen Apparat einschloß und nur zwei Glasfenster für Ein- und Austritt der Lichtstrahlen besaß. Er konnte bequem gehoben und gesenkt werden. Ein in der Decke des Kastens montiertes, außen ablesbares, in 0,1° geteiltes Thermometer gab die Temperatur im Innern des Kastens an.

Alle Versuche wurden bei Zimmertemperatur ausgeführt. Ihre Änderung während der ziemlich lange Zeit beanspruchenden Versuchsreihen war wegen des kleinen Temperaturkoeffizienten des Elastizitätsmoduls von geringer Bedeutung.

---

[1]) Wegen der linearen Abhängigkeit von π und ν ist es gleichgültig, welche von beiden Größen als mit Beobachtungsfehlern behaftet gilt.

8. Vorbereitung und Durchführung der Versuche.

Die Anwendung des im vorigen beschriebenen Apparats möge nunmehr an zwei Beispielen erläutert werden. Der Stab *Eisen II* zeigt besonders auffallend die Elimination des Biegungseinflusses (Abschn. 4), wenn er auch insofern ungünstig ist, als er wegen des großen Elastizitätsmoduls für die zulässige Höchstbelastung des Apparats nur etwa 3 Ringe Verschiebung gab. Während aber bei diesem Eisen die Biegung der Belastung proportional wächst, ist dies bei dem *Aluminium*-Stabe nicht mehr der Fall. Die Stäbe bieten also je ein Beispiel für die in Abschn. 6 unterschiedenen Fälle.

Man denke sich zunächst das Verbindungsstück M (Fig. 2 u. 3) von den Säulen N der Grundplatte P losgeschraubt und mitsamt der Kopfscheibe K und oberen Klemmvorrichtung des Stabes abgehoben. Man sieht diese Teile in Fig. 4 ganz rechts. Nachdem der Stab mit einem Ende in die Klemmvorrichtung eingesetzt ist, wird der vorhin abgehobene Teil wieder auf den Säulen der Grundplatte festgeschraubt. Der Stab pendelt jetzt frei beweglich an der kurzen oberen Saite. Man stellt die Schrauben s und r der beiden fertig zusammengesetzten Glasplattenträger ungefähr auf den Querschnitt des Stabes ein und schiebt zunächst den oberen Träger über den Stab. Nachdem die Spitzenschrauben s angezogen sind, werden die Führungsschrauben r ganz gelöst.

Um die senkrechte Stellung der Spiegelflächen zur Stabachse zu verbessern, bringt man zunächst den Stab durch Belastung in eine senkrechte Lage (vgl. Abschn. 5) und verstellt dann die Glasplatte S_2 mit den Schrauben k des oberen Trägers so lange, bis ihre versilberte, nach unten gekehrte Schicht ein Senkel nach zwei aufeinander senkrechten Richtungen ungebrochen spiegelt. Dann steht die spiegelnde Schicht horizontal und senkrecht zur Stabachse.

Die Belastungsvorrichtung muß noch einmal gelöst werden, um den unteren Träger am Stabe festklemmen zu können, dann wird sie mitsamt den Dämpfungsvorrichtungen dauernd angebracht.

Von der äußeren optischen Einrichtung (Abschn. 3) sind alle Teile vom vorigen Versuch her an ihrer Stelle geblieben, nur die Blende b und das untere reflektierende Prisma p_2 sind wieder an ihren Platz zu bringen.

Es werde zunächst das *Plattenpaar 1* ($S_1 S_2$) durch Drehen der Kopfscheibe K in den Gang der Lichtstrahlen gebracht. Mittels der Schrauben k am unteren Träger werde S_1 so lange verstellt, bis die Haidingerschen Ringe deutlich erscheinen. Der Schutzkasten (Abschn. 7) wird über den Apparat heruntergelassen, und, sobald Temperaturausgleich stattgefunden hat, wird die erste Beobachtungsreihe gemacht.

Danach wird *Plattenpaar 2* ($S_1' S_2'$) durch Drehen der Kopfscheibe um 180° in den Strahlengang gebracht *bei unverrückt bleibender Blende.* Nach Einstellung der Platte S_1' auf Deutlichkeit der Ringe wird die zweite Beobachtungsreihe gemacht. Eine nochmalige Vertauschung von Plattenpaar 2 und 1 ist zur Kontrolle zweckmäßig und wurde in der Regel vorgenommen.

Eisenstab (Länge 27 *cm*, Durchmesser 1,601 *cm*). Die in den Tabellen 1, 2 und 3 aufgeführten Versuche werden nach den gegebenen Erklärungen verständlich sein. Die Versuche 2 und 3 unterscheiden sich dadurch von Versuch 1, daß die Träger T gegen ihre bei Versuch 1 eingenommene Stellung um 45° bezw. 22° um die Stabachse gedreht sind, sodaß die Beobachtung der Verschiebung in anderen Achsenschnitten des Stabes stattfindet, also mit wesentlich anderem Einfluß der Biegung.

Tabelle 1. *Eisen II.*

Versuch 1 vom 5. 1. 1906. Meßlänge $L = 16{,}354$ *cm*; $Q = 2{,}014$ cm^2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ϑ	β	ν	π_l	π_r	π	$\frac{\pi}{\nu}$	$\delta = \frac{\Sigma \nu^2}{\Sigma \nu \pi}$
	° C.	*kg*	Ring	*kg*	*kg*	*kg*	*kg* / Ring	Ring / *kg*
Plattenpaar 1								
2^h 10^m	17,41	5	1	9,520	8,570	9,020	$9{,}02_0$	$0{,}1105_3$
21	,32	5	2	18,970	17,320	18,108	$9{,}05_4$	
Plattenpaar 2								
5^h 52^m	16,21	5	3	17,420	18,120	17,763	$5{,}92_1$	
6 0	,17	5	4	23,320	24,270	23,786	$5{,}94_6$	$0{,}1683_0$
18	,13	5	2	11,720	12,120	11,917	$5{,}95_8$	
32	,12	5	1	5,770	6,220	5.987	$5{,}98_7$	
Plattenpaar 1								
7^h 38^m	16,12	5	1	9,600	8,670	9,111	$9{,}11_1$	$0{,}1099_3$
52	,07	5	2	18,970	17,470	18,189	$9{,}09_4$	

Tabelle 2. *Eisen II.*

Versuch 2 vom 6. 1. 1906. Meßlänge $L = 16{,}305$ *cm*; $Q = 2{,}014$ cm^2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ϑ	β	ν	π_l	π_r	π	$\frac{\pi}{\nu}$	$\delta = \frac{\Sigma \nu^2}{\Sigma \nu \pi}$
	° C.	*kg*	Ring	*kg*	*kg*	*kg*	*kg* / Ring	Ring / *kg*
Plattenpaar 1								
1^h 45^m	17,64	5	3	19,320	19,020	19,169	$6{,}39_0$	
52		5	2	12,920	12,620	12,768	$6{,}38_4$	$0{,}1565_2$
60	,72	5	1	6,470	6,340	6,404	$6{,}40_4$	
Plattenpaar 2								
3^h 10^m		5	1	8,120	8,370	8,243	$8{,}24_3$	
18	18,29	5	2	16,620	16,870	16,744	$8{,}37_2$	$0{,}1198_7$
24	,25	5	3	24,920	25,120	25,020	$8{,}34_0$	

Tabelle 3. *Eisen II.*

Versuch 3 vom 8. 1. 1906. Meßlänge $L = 16{,}336$ *cm*; $Q = 2{,}014$ cm^2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ϑ	β	ν	π_l	π_r	π	$\frac{\pi}{\nu}$	$\delta = \frac{\Sigma \nu^2}{\Sigma \nu \pi}$
	° C.	*kg*	Ring	*kg*	*kg*	*kg*	*kg* / Ring	Ring / *kg*
Plattenpaar 2								
12^h 0^m	16,83	5	3	22,570	22,820	22,694	$7{,}56_5$	
		5	2	15,020	15,320	15,169	$7{,}58_4$	$0{,}1319_7$
23	,91	5	1	7,570	7,770	7,669	$7{,}66_9$	
Plattenpaar 1								
2^h 5^m		5	1	7,120	6,870	6,993	$6{,}99_3$	
22	17,17	5	2	13,970	13,470	13,715	$6{,}85_7$	$0{,}1452_1$
34	,21	5	3	21,020	20,320	20,664	$6{,}88_8$	

Es enthält der Tabellenkopf Datum, Meßlänge L und deren mittleren Querschnitt Q, Spalte 1 Zeitangabe, 2 die Temperatur ϑ, 3 die Dauerbelastung β, abgesehen von dem Gewicht des Stabes selbst und der Schale (0,270 *kg*), 4 die Anzahl der gewanderten Ringe ν, 5 und 6 die Belastungen π_l und π_r, welche eine Verschiebung von ν Streifen links bezw. rechts vom Ringzentrum bewirken. Sie setzen sich aus dem Gewicht der größeren Schale (1,120 *kg*) und den darauf gelegten Gewichtsstücken zusammen. In Spalte 7 und 9 sind die nach den Gleichungen 5) und 6) (Abschn. 6) berechneten Größen π und δ angegeben. Spalte 8 prüft die Proportionalität zwischen π und ν für das einzelne Plattenpaar, welche bei diesem Stabe innerhalb der Beobachtungsgenauigkeit erfüllt ist.

Tabelle 4. *Eisen II.* $Q = 2{,}014\ cm^2$.

Versuch	δ_1 Ring/*kg*	δ_2 Ring/*kg*	δ Ring/*kg*	L *cm*	ε $\times 10^7$
1	0,1102	0,1683	0,1393	16,354	2,325
2	0,1565	0,1199	0,1382	16,305	2,314
3	0,1452	0,1320	0,1386	16,336	2,316
				Mittel	2,318

Das Ergebnis der drei Versuche ist in Tab. 4 übersichtlich zusammengestellt. δ_1 und δ_2 geben die im Mittel für Plattenpaar 1 und 2 beobachteten Ringverschiebungen für 1 *kg* Belastung, δ ihr arithmetisches Mittel (vgl. Abschn. 4), L die Meßlänge und ε die Längsdilatation $\frac{\lambda}{2} \cdot \frac{\delta}{L}$ für 1 *kg* Belastung. Die Übereinstimmung der Werte ε beweist die Elimination des Biegungseinflusses. Im Mittel folgt für den Elastizitätsmodul

$$E = \frac{1}{\varepsilon Q} = 21420 \frac{kg}{mm^2} (17{,}1^0).$$

Tabelle 5a. *Aluminium.*

Versuch 1 vom 16. 1. 1906. Meßlänge $L = 16{,}302\ cm$; $Q = 1{,}1437\ cm^2$.

1	2	3	4	5	6	7	8
	ϑ °C.	β *kg*	ν Ring	π_l *kg*	π_r *kg*	π *kg*	π/ν *kg*/Ring
Plattenpaar 2							
$12^h\ 34^m$	17,58	5	10	11,220	11,170	11,195	$1{,}119_5$
43	,54	5	11	12,345	12,320	12,332	$1{,}121_1$
50	,51	5	12	13,545	13,495	13,520	$1{,}126_6$
57	,49	5	13	14,695	14,695	14,695	$1{,}130_4$
1 5	,47	5	14	15,895	15,870	15,882	$1{,}134_4$
13	,46	5	15	17,095	17,045	17,070	$1{,}138_0$
Plattenpaar 1							
$1^h\ 58^m$	17,67	5	10	17,270	17,295	17,282	$1{,}728_2$
2 7	,67	5	9	15,645	15,645	15,645	$1{,}738_3$
15	,67	5	8	14,035	14,020	14,027	$1{,}753_4$
23	,67	5	7	12,320	12,370	12,345	$1{,}763_6$
30	,65	5	6	10.720	10,720	10,720	$1{,}786_7$
38	,65	5	4	7,295	7,270	7,282	$1{,}820_5$
44	,64	5	2	3,745	3,745	3,745	$1{,}872_5$
Plattenpaar 2							
$3^h\ 6^m$	17,97	5	3	3,270	3.230	3,250	$1{,}083_3$
19	,79	5	6	6,620	6,570	6,595	$1{,}099_2$
23	,78	5	8	8,870	8,870	8,870	$1{,}108_7$
28	,76	5	15	17,070	17,070	17,070	$1{,}138_0$

Tabelle 5b. *Aluminium.*

1	2	3	4	5	6
$\pi_{2\,beob.}$	$\left(\frac{\pi}{\nu}\right)_{1\,interp.}$	$\left(\frac{\pi}{\nu}\right)_{2\,beob.}$	$\delta_1 = \left(\frac{\nu}{\pi}\right)_1$	$\delta_2 = \left(\frac{\nu}{\pi}\right)_2$	$\delta = \frac{1}{2}(\delta_1 + \delta_2)$
kg	*kg*/Ring	*kg*/Ring	Ring/*kg*	Ring/*kg*	Ring/*kg*
3,250	$1{,}879_8$	$1{,}083_3$	$0{,}532_0$	$0{,}923_1$	$0{,}727_6$
6,595	$1{,}830_6$	$1{,}099_2$	$,546_3$	$,909_7$	$,728_0$
8,870	$1{,}804_9$	$1{,}108_7$	$,554_1$	$,902_0$	$,728_0$
11,195	$1{,}780_0$	$1{,}119_5$	$,561_8$	$,893_3$	$,727_5$
12,332	$1{,}763_8$	$1{,}121_1$	$,567_0$	$,892_0$	$,729_5$
13,520	$1{,}756_5$	$1{,}126_6$	$,569_3$	$,887_6$	$,728_4$
14,695	$1{,}747_2$	$1{,}130_4$	$,572_3$	$,884_6$	$,728_5$
15,882	$1{,}736_9$	$1{,}134_4$	$,575_7$	$,881_5$	$,728_6$
17,070	$1{,}729_5$	$1{,}138_0$	$,578_2$	$,878_7$	$,728_4$

Aluminiumstab (Länge 27 *cm*, Durchmesser 1,207 *cm*). Es genügt, nur den ersten Versuch in Tab. 5a anzuführen. Man sieht an den in Spalte 8 verzeichneten Werten π/ν, daß die Belastung an den Platten 1 langsamer, an den Platten 2 schneller wächst als die Anzahl der gewanderten Ringe. Es ist hier also die in Abschn. 6 zu zweit erwähnte Berechnungsweise anzuwenden.

Man sucht durch Interpolation aus den Beobachtungen am Plattenpaar 1 diejenigen Werte $(\pi/\nu)_1$, welche den bei Beobachtung am Plattenpaar 2 gefundenen Belastungen π_2 entsprechen. Sie sind in Tab. 5b Spalte 2 verzeichnet. Daneben finden sich in Spalte 3 die in Tab. 5a beobachteten Werte $(\pi/\nu)_2$. Die Spalten 4 und 5 geben die Reziproken der π/ν, d. h. die auf die Belastungseinheit umgerechneten Verschiebungen δ_1 und δ_2; Spalte 6 deren arithmetisches Mittel δ, das sich als unabhängig von der Belastung erweist. Dehnung und Belastung sind also auch einander proportional. Der ähnlich wie oben ermittelte wahrscheinlichste Wert von δ ist

$$\delta = 0{,}728_4 \text{ Ring}/kg,$$

woraus folgt

$$\varepsilon = \frac{\lambda\,\delta}{2\,L} = 1{,}219_8 \cdot 10^{-6},$$

$$E = \frac{1}{\varepsilon\,Q} = 7168\ kg/mm^2\ (17{,}6^\circ).$$

9. Ergebnisse.

Die Schwierigkeiten, die bei der Konstruktion des beschriebenen Interferenzapparats zu überwinden waren, lagen nicht in der optischen Einrichtung, die im Gegenteil durch ihre Einfachheit und völlige Freiheit von Reibungseinflüssen größere Fehler in der Dehnungsmessung leicht vermeiden läßt, sondern in der Herstellung der mechanischen Bedingung, daß das unvermeidliche, von der Streckvorrichtung ausgeübte Biegungsmoment bei beliebig wiederholter gleicher Belastung den gleichen Wert annehmen soll. Die Erfüllung dieser Bedingung wird durch die Konstanz der Messungsergebnisse bei Elimination des Biegungseinflusses bewiesen.

Für die Zuverlässigkeit des beschriebenen Apparats spricht ferner die Tatsache, daß die nach anderen Methoden am gleichen Stabmaterial bestimmten Elastizitätsmoduln mit den aus der Dehnungsmethode gefundenen übereinstimmen. In Tab. 6 sind die Zahlen für sämtliche untersuchten Stäbe[1]) neben einander gestellt.

[1]) Sie sind fast alle bezüglich ihrer thermischen und elektrischen Eigenschaften untersucht; vgl. W. Jaeger und H. Diesselhorst, *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **3.** *S. 269–424. 1900.*

$E_{transv.}$ ist aus dem Grundton des transversal mit freien Enden schwingenden Stabes, $E_{long.}$ aus dem Longitudinalgrundton des Stabes ermittelt, worüber in den Annalen der Physik ausführlicher berichtet wird; $E_{stat.}$ ist mit dem Interferenzapparat nach der Dehnungsmethode gefunden. Zur Charakterisierung des Materials ist die chemische Analyse und die Dichte s beigefügt.

Tabelle 6.

Material	Chemische Zusammensetzung	s	$E_{transv.}$ kg/mm²	$E_{long.}$ kg/mm²	$E_{stat.}$ kg/mm²
gezogen					
Aluminium	99 Al; 0,5 Fe; 0,4 Cu	2,71	7130		7190
Kupfer IV	rein	8,96	12530		12500
Silber	99,98 fein	10,53	8070		8050
Gold I	99,8 Au; 0,1 Fe; 0,1 Cu; Spur Ag	19,22	7820		7780
„ II	rein	19,21	8010		8120
Nickel	97,0 Ni; 1,4 Co; 0,4 Fe; 1,0 Mn; 0,1 Cu; 0,1 Si	8,81	20380		20540
Eisen I	0,1 C; Metalle nicht bestimmt	7,84	21540		21680
„ II	99,55 Fe; 0,1 C; 0,2 Si; 0,1 Mn; (P; S; Cu)	7,85	21480		21420
„ III	Schmiedeeisen	7,85	21760		21740
Stahl	1,0 C; Metalle nicht bestimmt	7,82	21260		21320
Konstantan	60 Cu; 40 Ni	8,92	16360	16560	16590
Manganin	84 Cu; 4 Ni; 12 Mn	8,44	12500	12600	12640
gegossen					
Zink I	98,6 Zn; 1,1 Pb; 0,03 Cd; 0,25 Cu; 0,03 Fe	7,17	8910		8390
„ II	rein; [0,01 Pb; 0,01 Cd; 0,01 Fe]	7,11	12370		13100
Kadmium*)	rein; [Pb; Zn; Fe] < 0,05	8,63	5240		5090
Zinn*)	rein; [Pb] < 0,03	7,28	5620		5540
Blei*)	rein; [Cu; Bi; Fe; Ni] < 0,05	11,32	1786		1656
Wismut*)	rein; [Pb; Fe] < 0,03	9,78	3390		3250
Rhodium	rein	12,23	32500		28000
Palladium	rein	11,96	11760	11470	11480
Platin II	rein	21,39	17170	17020	17080
Iridium	rein	22,49	52900		52500
Gußeisen A 6	2,8 Graphit; 0,7 geb. C; 0,5 Mn; 1,2 Si; 0,3 P und 0,2 Cu, Ni, Co, S	7,22	13480		13290
„ GK 3	2,8 Graphit; 0,7 geb. C; 0,7 Mn; 1,7 Si; 0,5 P und 0,2 Cu, Ni, Co, S	7,11	10510		10540
Rotguß	85,7 Cu; 7,15 Zn; 6,39 Sn; 0,58 Ni	8,40	8410	8240	8240

*) zeigte bei den Dehnungsversuchen bereits elastische Nachwirkung.

Die Übereinstimmung ist im allgemeinen so gut, als es erwartet werden kann. Die z. T. recht erheblichen Unterschiede, welche zwischen den Ergebnissen der Transversalschwingungs- und Dehnungsmethode für die *gegossenen* Stäbe bestehen, werden teils auf die Ungenauigkeit der akustischen Methode, teils darauf zurückzuführen sein, daß die bei gegossenem Material eher als bei gezogenem vorkommenden Inhomogenitäten, wie Poren, Risse o. dgl., für die bei den zwei Methoden ganz verschiedenen Deformationen verschiedenen Einfluß gewinnen. Auch hierauf wird *a. a. O.* näher eingegangen.

Von den in der Tabelle aufgeführten Metallen verdienen Rhodium und Iridium wegen ihres außerordentlich hohen Elastizitätsmoduls hervorgehoben zu werden. Von allen übrigen sind bereits Zahlen bekannt.

Referate.

Elektrischer Unterbrecher von Campos Rodrigues.

Von F. Oom. *Boletim da Direcção geral de Instrucção publica* **4.** *1905. Sonderabdruck. Lex. 8°. 8 S. m. 9 Fig. im Text u. auf 1 Tafel. Lissabon 1905.*

Zur Bestimmung des persönlichen Fehlers bei Durchgangsbeobachtungen von Sternen hatte um das Jahr 1870 der Direktor der Leidener Sternwarte, Kaiser, einen Apparat herstellen lassen, welcher ein elektrisches Signal automatisch abgab, so oft ein imitiertes Sternbildchen bei seiner Bewegung durch ein Fadennetz von einem Faden biseziert wurde. Der Zeitunterschied zwischen dem Moment dieses Signales und dem Moment, in welchem der Beobachter den Stern biseziert zu sehen glaubt, ist die sogenannte persönliche Gleichung. Die Bewegung des Sternbildchens wird bei diesem Apparat durch einen Arm bewirkt, welcher eine Lampe und eine das künstliche Sternbildchen erzeugende Linse trägt. Derselbe Arm trägt auch ein Quecksilbergefäß, aus welchem oben das Quecksilber mit einer kleinen Kuppe herausragt. Bei Drehung des Armes kommt diese Quecksilberkuppe, so oft eine Bisektion des künstlichen Sternes stattfindet, stets mit einer Metallspitze in Berührung, wodurch ein Stromschluß stattfindet.

Obwohl nun die Höhe der Quecksilberkuppe regulierbar ist, indem durch eine das Quecksilberreservoir auf einer Seite abschließende Schraube mehr oder weniger Quecksilber aus einem nach oben gerichteten Röhrchen herausgedrückt werden kann, so ist doch, wenn volle Übereinstimmung des Kontaktmomentes mit dem Moment der Bisektion des künstlichen Sternes bei der Bewegung des letzteren von links nach rechts stattfindet, eine volle Übereinstimmung beider Momente oft nicht mehr vorhanden, wenn der Stern sich in der entgegengesetzten Richtung durch das Fadennetz bewegt, weil dann die Metallspitze mit dem Quecksilbermeniskus an einer andern Stelle zur Berührung kommt. Hr. Campos Rodrigues brachte daher einen andern Kontakt in Anwendung, wie er aus Fig. 1 ersichtlich ist.

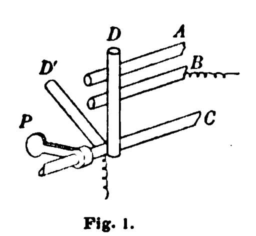


Fig. 1.

Von den drei horizontalen Metallstäben mit genau gleichem kreisrunden Querschnitt ist der oberste A fest, während B und C sich mit dem Arm des Apparates hin und her bewegen. Der Stab C ist außerdem auf Spitzen gelagert, sodaß er sich leicht drehen läßt. Mit ihm sind zwei gegen einander geneigte, senkrecht zu ihm stehende Metallstifte D und D' in fester Verbindung, von denen bei der Bewegung des Armes, die in der Figur von rechts nach links gehend gedacht ist, sich D wegen des Übergewichtes P gegen den Stab B lehnen wird, bis im Moment einer Bisektion des künstlichen Sternes D mit A in Berührung kommt und nun bei der Weiterbewegung des Armes mit B nicht mehr in Berührung ist. Dadurch wird aber der von B nach D übergehende elektrische Strom so lange unterbrochen, bis der Stift D bei Weiterbewegung des Armes den Stab A verläßt und sich wieder wegen des Übergewichtes P an B lehnt, worauf nach einiger Zeit ein anderer Stab A, der dem nächsten Faden des Fadennetzes entspricht, den Stift D aufhält.

Hat der Arm und mit ihm Stange B und C sich vollständig von rechts nach links bewegt, so legt sich das Gewicht P automatisch auf die andere Seite, sodaß beim Rückgang des Armes nach rechts der Stift D' an B anliegt, welcher Kontakt aber durch die den einzelnen Fäden entsprechenden Stäbe A von Zeit zu Zeit aufgehoben wird. Man erkennt, daß bei genau gleichem Querschnitt der Stäbe A, B, C und bei völliger Geradlinigkeit der Stifte D und D' der Anschlag dieser Stifte an A stets bei derselben Lage des Armes erfolgt, mag er sich von rechts nach links oder von links nach rechts bewegen, oder richtiger, da entsprechend den verschiedenen Fäden des Fadennetzes mehrere Stäbe A vorhanden sind, bei den nämlichen Lagen des Armes.

Einen Unterbrecher dieser Art hat Campos Rodrigues auch in mehreren astronomischen Pendeluhren mit gutem Erfolg angebracht. In diesem Fall, welcher durch Fig. 2

veranschaulicht wird, befindet sich A in der Verlängerung des Pendels nach unten und kann beim Hin- und Hergang des Pendels zugleich als Zeiger zur Ablesung der Schwingungsamplitude dienen. Der Stab B steht senkrecht vor A, wenn das Pendel seine tiefste Lage einnimmt. Die Stifte D und D' sind durch Stege ersetzt, welche zur Ermöglichung verschiedener Stromrichtung bei den geraden und ungeraden Sekunden durch Umwickelung ihrer kurzen Enden mit Seide voneinander isoliert sind. Ein Gewicht P ist bei dieser Anordnung nicht nötig, weil der seitlich liegende Steg den vertikalen an den Metallstab B drückt. Die Lage von B und C ist justierbar.

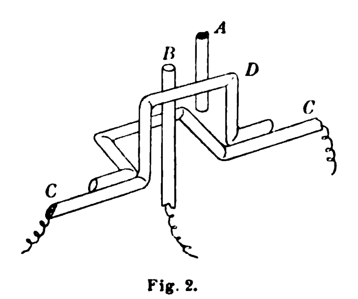


Fig. 2.

Unter den Vorteilen, welche die Einrichtung bietet, ist zu erwähnen, daß das Signal durch Stromunterbrechung und nicht durch Stromschluß hervorgebracht wird, welch letzterer bekanntlich viel weniger exakt wirkt als erstere. Zudem findet die Unterbrechung statt, wenn das Pendel seine tiefste Lage überschreitet, wenn es also seine größte Geschwindigkeit besitzt, infolgedessen eine nicht ganz richtige Lage von B und C von unbedeutendem Einfluß auf den Moment des Signales sein wird. Auch befindet sich das Pendel bei der Signalabgabe im Zustande seiner größten Energie und bewirkt dieselbe dadurch sicherer als etwa bei seiner größten Elongation.

Als ein Übelstand möchte es auf den ersten Blick erscheinen, daß das Signal nicht mit dem Schlag der Uhr zusammenfällt, sondern ungefähr $^1/_4$ Sekunde früher erfolgt, doch bringt dies, wenn man bei der Beobachtung von Sterndurchgängen von der Benutzung eines Chronographen zur Beobachtung nach dem Gehör übergeht, keinen Nachteil, weil in den Beobachtungsräumen nicht die Hauptuhr, sondern nur Zifferblätter und Sekundenklopfer aufgestellt zu sein pflegen, deren Schläge genau mit den Signalmomenten zusammenfallen müssen.

Auch bei Schwerebestimmungen dürfte, wie Verf. noch erwähnt, die Anwendung des Unterbrechers von Campos Rodrigues von Vorteil sein, indem man nur bei der ersten und letzten beobachteten Koinzidenz während eines Hin- und Herganges des Uhrpendels die Vorrichtung zur Wirksamkeit kommen läßt, in der Zwischenzeit aber sie durch Tieferstellung ausschaltet. Die Höher- und Tieferstellung müßte natürlich momentan erfolgen können.

Nach der Erfindung des sogenannten unpersönlichen Mikrometers durch Repsold haben die Apparate zur Bestimmung der persönlichen Gleichung bei Durchgangsbeobachtungen, deren einer, nämlich der Kaisersche, wie oben erwähnt, Hrn. Campos Rodrigues die erste Veranlassung zur Konstruktion seines Unterbrechers gegeben hat, für die Astronomen nicht mehr die Bedeutung wie früher. Immerhin mag es für diesen oder jenen oft erwünscht sein, seine persönliche Gleichung kennen zu lernen. Ein ungeschmälertes Interesse an der Erscheinung besitzt natürlich nach wie vor die Physiologie. *Kn.*

Untersuchung über den Okulargang von Nivellierinstrumenten.

Von W. Rompf. *Zeitschr. f. Vermess.* **34.** *S. 673. 1905.*

Der Verf. hat für fünfzehn Nivellierinstrumente der geodätischen Sammlung der Akademie Poppelsdorf den Gang des Okularrohrs auf bekannte Art untersucht mit Hülfe von 11 Punkten auf dem Umfang eines Viertel-Kreises von 40 *m* Halbmesser. Die Punkte waren durch Nägel auf Pfählen bezeichnet und ihre relativen Höhen mit einem Fein-Nivellierinstrument festgestellt (mittl. Fehler $< 0{,}1$ *mm*). Von den untersuchten Instrumenten stammen zehn von Wolz, zwei von Fennel und je eines von Bamberg, Dennert & Pape und von Rosenberg her. Die Art der Führung des Okularrohrs (neben den zwei Führungsringen meist eine Schleiffeder, nur bei drei Instrumenten sind zwei Schleiffedern, und bei einem Instrument werden zwei Bolzen durch eine Feder gegen das Okularrohr gedrückt) wird genau mit allen Maßen angegeben nach Stärke der Führungsringe, ihrem Abstand zwischen

den Innenkanten, Abstand des Fadenkreuzes vom äußern Ring bei Einstellung auf unendlich; ferner wird beschrieben, ob die Okularrohrzahnstange, in die der Trieb eingreift, mit senkrecht oder schräg zur Bewegungsrichtung stehenden Zähnen versehen ist und oben oder seitlich am Rohr angreift.

Der Gang des Okularrohrs wird für jedes Instrument graphisch dargestellt; er ist fast bei allen befriedigend, nur drei ältere, billige, stark benutzte Instrumente zeigen größere Unregelmäßigkeiten. Bei allen andern Instrumenten ist der Gang des Okularrohrs für die bei feinern Nivellierungen vorkommenden Zielweiten genügend geradlinig, sodaß bei gleicher Gesamtlänge der Rückblicke und Vorblicke der Fehlereinfluß der Verlegung der Ziellinie durch Einstellung des Fernrohrs auf verschiedene Zielweiten verschwindet. *Hammer.*

Zeit- und Breitenbestimmungen durch die Methoden gleicher Zenitdistanzen.

Von C. Stechert. *Archiv d. Deutschen Seewarte* **28.** *Nr. 1. 1905. Sonderabdruck. gr. 4°. 64 S. m. 6 Taf. Hamburg 1905.*

Auf diese methodisch und praktisch wichtige Schrift ist deshalb auch hier hinzuweisen, weil sie wieder einmal zeigt, wie man durch Ausbildung der Messungsmethoden auch mit kleinen Instrumenten Ergebnisse erzielen kann, die an Genauigkeit über die Leistung des Instruments weit hinauszugehen scheinen. Der Verf. bedient sich zu seiner Methode gleicher Zenitdistanzen nach N. und nach S. für die Ermittlung der Polhöhen und gleicher Zenitdistanzen nach O. und nach W. für die Bestimmung der Uhrkorrektion nicht eines besonders gebauten Instruments wie Chandler-Palisa (Chronodeik), Beck (Nadirinstrument), Claude-Driencourt (Prismenastrolabium), Nušl-Frič (Zirkumzenital u. a. Instrumente), sondern einfach des kleinen Reiseuniversals von Bamberg, das auch für viele andere Vermessungszwecke bei der Kaiserl. Deutschen Marine eingeführt ist (Objektiv 31 *mm* Öffnung, Vergrößerung 20- und 31-fach); von besondern Einrichtungen an dem Instrument ist nur eine Horrebow-Libelle neben der festen Libelle und im Fernrohrokular eine Fadenstrichplatte mit 5 horizontalen Strichen (in je 3′ Abstand) und 3 vertikalen Strichen (in je 4′ Abstand) vorhanden.

Was mit diesem kleinen Instrument bei der Methode gleicher Höhen an Genauigkeit geleistet werden kann, zeigen die von Stechert mitgeteilten Zahlenbeispiele: bei zwei Bestimmungen der Polhöhe eines Punkts in Hamburg am 1. und 8. Juli 1904 zeigen die extremen Zahlen der 5 Einzelwerte bei der ersten einen Unterschied von 3″, bei der zweiten von 1″; das Mittel der zwei vollständigen Bestimmungen, die sich um 1½″ unterscheiden und je in einer halben Stunde gemessen sind, weicht nur um ⅓″ ab vom Ergebnis einer langen Beobachtungsreihe mit einem großen Universal. So weit gehende innere Übereinstimmung der Messungsergebnisse wird sich ja wohl nicht überall festhalten lassen, bemerkenswert aber sind die Zahlen jedenfalls, besonders wenn hinzugenommen wird, daß bei der sonst üblichen Methode der einzeln gemessenen Zenitdistanzen in der Nähe des Meridians mit demselben kleinen Universal sich Polhöhenwerte ergaben, die bis zu 0,3′ vom richtigen Werte abwichen. Ebenso fanden sich bei Anwendung der Methode von Durchgängen durch einen bestimmten festen Almukantarat, die Stechert für die regelmäßigen Zeitbestimmungen an einem festen Beobachtungsort empfiehlt, mit demselben Instrument z. B. am 9. Juli 1904 in einem Punkt in Hamburg durch Beobachtungen innerhalb 40 Minuten für die Uhrkorrektion sechs Zahlen, deren größter und kleinster Wert sich kaum über 0,1 Sek. voneinander entfernen. *Hammer.*

Photogrammeter von Finsterwalder.

Nach einer Broschüre von W. Sedlbauer in München. Lex. 8°. 12 S. München 1905.

In dieser Broschüre der Sedlbauerschen feinmechanischen Werkstatt in München (Ehrengutstraße 18) wird ein neuer, kleiner, bequem transportabler, nämlich für schwer gangbares Hochgebirgsgebiet bestimmter phototopographischer Apparat beschrieben und abgebildet, der nach Finsterwalders Angaben gebaut ist. Das Objektiv ist ein Zeißsches

Protar mit 112 *mm* Fokus; es kann auf gut geführtem Jalousienschieber nach oben und unten um je 25 *mm* verschoben werden, wobei an einem Nonius die Verschiebung auf 0,1 *mm* abgelesen werden kann. In der Entfernung 108 *mm* hinter dem Objektiv sitzt der Meßrahmen, im lichten 105 × 75 *mm*, gegen den die Doppelkassette mit Hartgummischiebern gepreßt wird; 4 *mm* dahinter ist die lichtempfindliche Platte. Über den Rahmen sind Metalldrähte von 0,03 *mm* Dicke gespannt, es sind aber auch die Mittellinien des Rahmens, wie üblich, durch Kerben bezeichnet. Das Gesichtsfeld ist im horizontalen Sinn 52°, im vertikalen bei mittlerer Stellung des Objektivs 38° (19° nach oben und nach unten), bei den äußersten Stellungen des Objektivs 30° nach unten und 6,5° nach oben oder umgekehrt. Das kleine Plattenformat (9 × 12 *cm*) kann durch die große Verschiebung des Objektivs gut ausgenutzt werden.

Die Bussole hat 70 *mm* Nadellänge und 1°-Teilung. Das ganze Instrument wiegt nur 3½ *kg*. Hervorzuheben ist auch der billige Preis (360 M.). Prüfung und Verwendung des Photogrammeters sind in der Broschüre kurz besprochen, auch ist eine mit dem Instrument gemachte phototopographische Aufnahme (Zungenende des Suldenferners 1 : 5000) beigegeben.

Hammer.

Das Grubennivellierinstrument von Cséti und seine Modifikation nach Doležal.

Von E. Doležal. *Sonderabdruck aus Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1906. Nr. 16 bis 22. 4°. 29 S. Wien, Manz.*

Das für Einwägungen in der Grube bestimmte Nivellier von Cséti (etwa aus 1893 stammend, von R. & A. Rost in Wien ausgeführt) hat nach dem Verf. nicht die verdiente Würdigung gefunden. Es unterscheidet sich von den gewöhnlichen Nivellieren vor allem dadurch, daß es nicht auf einem Stativ oder einer Spreize aufgestellt, sondern am First des zu nivellierenden Stollens oder der Strecke *aufgehängt* wird, wie ja in der Grube auch längst *Hängelatten* im Gebrauch sind; nur ist man auch hier von der Borchersschen Latte mit der durch den Meßgehülfen einzuschiebenden Zieltafel (und Ablesung durch den Meßgehülfen) zur Latte mit Ablesung durch den Beobachter übergegangen. Die „Latte" wird dabei zweckmäßig transparent gemacht, um sie bequem von rückwärts beleuchten zu können. *Aufgehängte* Nivelliere und Neigungsmesser sind außerhalb der Grube ebenfalls längst im Gebrauch (z. B. in der Form von Pendelnivellieren, Mayers und Bohnes Gefällmesser, Instrumente von Matthes, Sickler u. v. A.); besonders die Forstleute bedienen sich gern solcher Instrumente. Das Csétische Instrument besteht aus einem hohlen Hängestab *A* (Fig. 1) mit *cm*-Teilung, der mit *B* an Öse oder Ring im First aufgehängt wird; in *A* läßt sich ein zweiter, gewöhnlich 1,6 *m* langer hohler Stab, der „Beruhigungsstab" *C*, verschieben und mit der Klemme *E* fixieren. Der Stab *C* endigt unten in der drehbaren Gabel *D*, deren Spitzen bei dem nach Lösen von *E* eintretenden Herabgleiten des Stabs *C* in dem sich vertikal hängenden Stab *A* in die Sohle eingedrückt werden können. An der verschiebbaren, durch *G* feststellbaren Metallplatte *F* ist die Horizontalachse *H* angebracht, um die sich der Arm *J* dreht; dieser trägt oben das Fernrohr *K*, unten die Libelle *L*, die durch die Feinschraube *M* eingespielt wird. Das Fernröhrchen hat 10-fache Vergrößerung, läßt bis auf 0,8 *m* Zielweite herab die Ablesung zu und ist für den Fall, daß das Okular zu nahe an einen Stoß oder an die Sohle der Strecke kommt, mit Okularprisma *P* versehen. Die Libelle hat rund 40″ Empfindlichkeit. *N* ist ein Gegengewicht; damit die Platte nach Lösung von *G* nicht herabgleitet, sind Schleiffedern vorhanden. Die Csétische Hänge-Nivellierskale zeigt Fig. 2; der Metallrahmen der durch zwei Gläser geschützten Skale ist 52 *cm* lang und 12 *cm* breit. Es ist, wie die Figur zeigt, eine *cm*-Feldteilung und eine 2 *mm*-Feldteilung vorhanden. Die Teilung ist auf *Papier* mit Tusche gezeichnet; die Latte, die 2 *kg* wiegt, wird von der Rückseite beleuchtet; die Ablesungsgenauigkeit ist 0,5 *mm* bis etwa 0,2 *mm*. Zusammen mit der Ableselatte kommen „Verlängerungsstücke" von genau 500 und 1000 *mm* Abstand der inneren Krümmungskanten der Ösen oder Haken zur Verwendung, von denen nach Bedarf mehrere zusammengehängt werden können. Auf der Seite von Fig. 2 ist ein solches Stück (500 *mm*) abgebildet; bei nicht großer verlangter Genauigkeit kann man zur bequemen Bewältigung

steiler Aufbrüche u. dgl. wohl auch das *Instrument* an einen oder einige Verlängerungsstäbe anhängen.

Der Verf. beschreibt sehr eingehend die Berichtigung und den Gebrauch des Instruments. Auf Bremsbergen und dergleichen steilen Stellen in Strecken oder tonlägigen Schächten wird am besten aus den Enden nivelliert, sonst selbstverständlich aus der Mitte; beide Verfahren lassen sich hier leicht kombinieren, weil die Instrumentenhöhe, die über Tag so unbequem genau zu messen ist, hier durch einfache Ablesung am Hängestab erhalten wird.

Die vom Verf. vorgeschlagene Modifikation des Csétischen Instruments besteht einfach darin, daß das Fernrohr zum Durchschlagen eingerichtet und eine Doppellibelle statt der

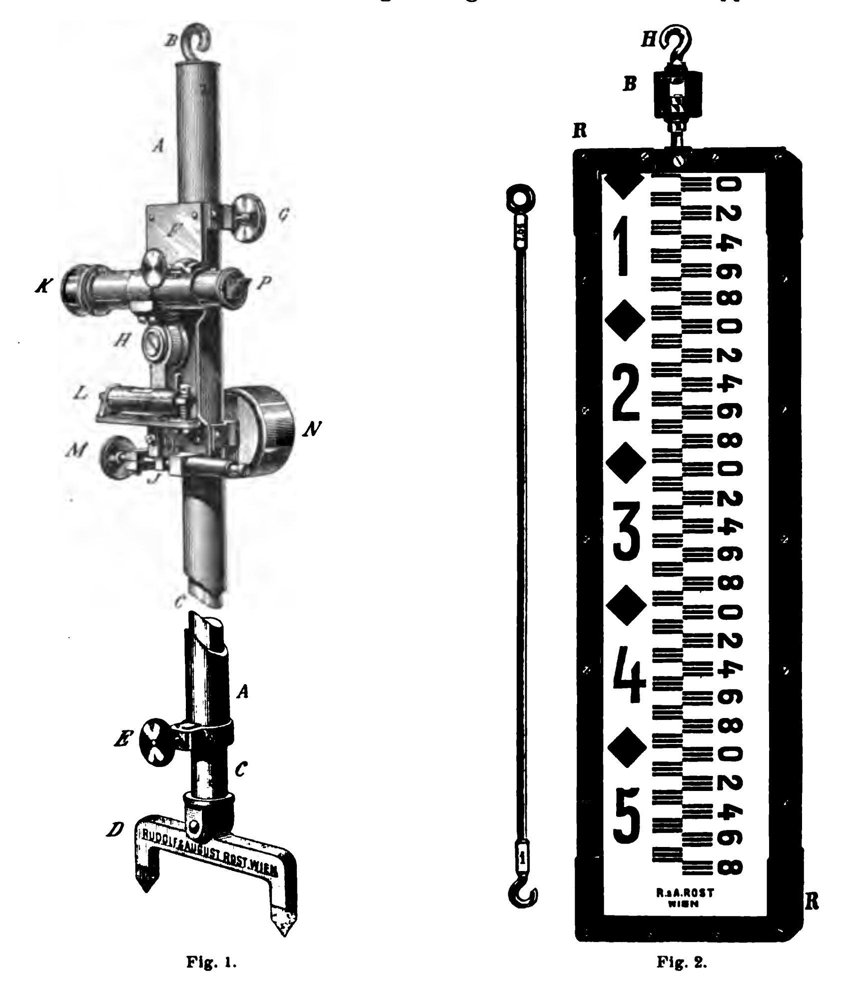


Fig. 1. Fig. 2.

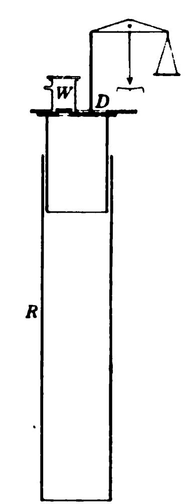
Csétischen einfachen angewandt wird. Dadurch wird die Justierung vereinfacht oder entbehrlich. Die Wendelibelle wird auch empfindlicher gewählt (22"), was bei den fast ausnahmslos ganz kurzen Zielungen nicht sehr wichtig ist. An Messungen mit beiden Instrumenten wird eine Strecke *AB* im Münzenberg bei Leoben mit 8 Zwischenpunkten vorgeführt, die je in beiden Richtungen nivelliert ist; Ergebnisse mit dem Csétischen Instrument $-2{,}094$ und $+2{,}095$, mit dem modifizierten $-2{,}093_3$ und $+2{,}092_8$, wobei in der zweiten Messung je in beiden Libellenlagen abgelesen ist.

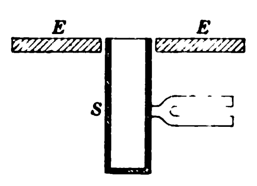
Zum Schluß bespricht der Verf. die *Genauigkeit* des Nivellierens, sowohl bei Zielscheibenlatten als bei Skalenlatten zum Selbstablesen, wobei die bekannten Fehlergesetze wieder ausgesprochen werden, und die *Ausgleichung* von Nivellements, wobei auf die durch Verschiebung des Instruments am Hängestab gebotene Möglichkeit des Nivellierens mit zwei, drei . . . Positionen des Instruments Rücksicht genommen wird. *Hammer.*

Über absolute Messungen der Schallintensität.

Von W. Zernov. *Ann. d. Physik* **21.** *S. 131. 1906.*

Nachdem Altberg nachgewiesen hatte (*Ann. d. Physik* **11.** *S. 405. 1903*; Referat in *dieser Zeitschr.* **23.** *S. 347. 1903*), daß sich frei ausbreitende Schallwellen auf reflektierende Wände Druckkräfte ausüben, welche den Maxwell-Bartolischen Drückkräften des Lichtes vollkommen analog sind, und durch Messung dieser Druckkräfte der Schallwellen sich die Schallintensität, wie es Lord Rayleigh angegeben hatte, in absolutem Maße bestimmen läßt, erschien es wünschenswert, die verschiedenen Methoden zur Messung der Schallintensität experimentell miteinander zu vergleichen. Zernov hat eine solche Untersuchung begonnen und gibt in der vorliegenden 1. Mitteilung seine Ergebnisse über den Vergleich der Druckmessungen mit den Angaben des Wienschen Vibrationsmanometers wieder.





Als Schallquelle diente die Mündung des Resonanzkastens S (vgl. die Figur) einer nach Lebedews Methode elektromagnetisch erregten Stimmgabel (512 einf. Schw.), welche, durch einen Schlitz getrennt, in der Ebene eines horizontalen Holzschirmes E liegt. Dieselbe erzeugte in einem vertikalen Resonanzrohr R kräftige stehende Schwingungen; die obere Wand desselben war mit zwei Öffnungen versehen, deren eine durch das Wiensche Vibrationsmanometer W und deren andere durch einen an einem Wagebalken hängenden, leicht beweglichen Stempel D (Druckapparat) geschlossen war. Um den Ausgleich des Druckes durch den Zwischenraum zwischen Stempel und der oberen Wand zu verhindern, wurde in denselben ein Tropfen leichtflüssigen Öles gebracht, eine Anordnung, die sich als durchaus notwendig erwies, um richtige Angaben vom Druckapparat zu erhalten. Die Verschiebung des Stempels wurde mit Spiegel und Skale gemessen, indem zwei Füße eines kleinen, den Spiegel tragenden Dreifußes auf der festen Wand, der dritte auf dem Stempel stand. Durch Auflegen eines kleinen Übergewichtes (0,01 g) auf die Wagschale wurde die Skale geeicht.

Die Beobachtungen am Druckapparat und am Vibrationsmanometer wurden in kurzer Aufeinanderfolge abwechselungsweise vorgenommen.

Nach Lord Rayleigh wirkt auf die den Schall reflektierende Wand pro Flächeneinheit eine Kraft L, die zu der Energiedichte E in der Beziehung steht

$$E = \frac{2L}{\gamma + 1},$$

wenn γ das Verhältnis der spezifischen Wärmen des Gases bedeutet. Aus den mit dem Vibrationsmanometer bestimmten Druckschwankungen, die außer dem konstanten Überdrucke an der reflektierenden Wand auftreten, berechnet sich die Energiedichte aus

$$E = \frac{p^2}{16\gamma P},$$

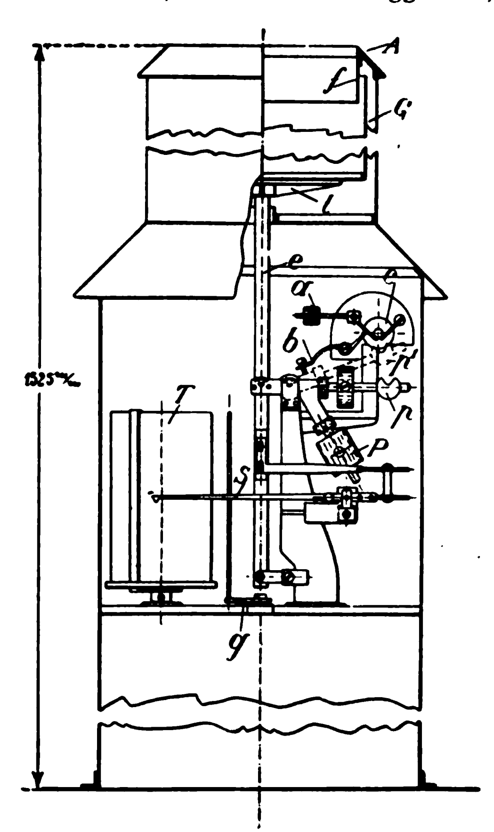
wo p die maximale Druckschwankung, P den Atmosphärendruck bezeichnet, unter der Annahme freilich, daß man es mit einfachen Sinusschwingungen zu tun hat.

Die Untersuchung ergab, daß die Druckkräfte der Schallwellen und die Druckschwankungen an einer reflektierenden Wand bei absoluten Schallintensitätsmessungen zu innerhalb von 2% übereinstimmenden Resultaten führen. *S. V.*

Ein neuer registrierender Schneemesser.

Von G. Hellmann. *Meteorolog. Zeitschr.* **23.** *S. 337. 1906.*

Der Schneemesser (Chionograph) beruht auf dem Wägungsprinzip. Ein durch die 400 *qcm* große Öffnung *A* (vgl. die Figur) gefallener Niederschlag sammelt sich in einem auswechselbaren, 50 *cm* hohen Auffanggefäß *G*, das auf dem Teller einer Wage mit Schreibhebel *S* steht. Wenn dessen Schreibfeder auf dem höchsten Punkte der Registriertrommel *T*, entsprechend einer Wasserhöhe (Schmelzwasser) von 35 *mm*, angekommen ist, wird automatisch ein Gewicht *c* ausgelöst, welches den seitlichen Arm *p* der Wage derartig beschwert, daß der damit verbundene Schreibhebel auf den Nullpunkt zurückgeht. Es können also Schneemengen bis zu 70 *mm* Wasserhöhe ohne weiteres registriert werden; bei noch größeren Mengen, die jedoch zu den allergrößten Seltenheiten gehören, muß das Auffanggefäß rechtzeitig gewechselt werden. Auf dem Registrierblatte entsprechen für die Zeitskale 15,9 *mm* Papier einer Stunde, für die Schneemengenskale 5 *mm* Papier 1 *mm* Schmelzwasser.



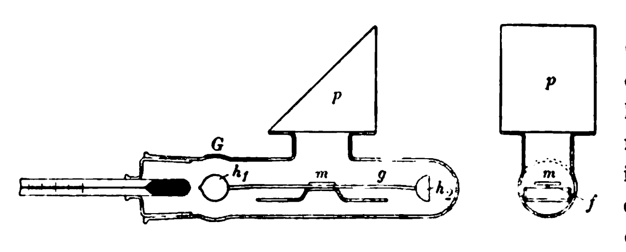
Von einer Dämpfung zur Beseitigung der Windstöße ist abgesehen worden, da etwaige Windspuren auf der Kurve sich so deutlich von der Schneeregistrierung unterscheiden, daß kein Irrtum möglich ist.

Der Schneemesser wird auch in einfacher Form ohne die automatische Gewichtsauslösung, also nur bis 35 *mm* Niederschlag registrierend, angefertigt, da in den ebenen Gebieten Westdeutschlands schon 35 *mm* Schneewasser in 24 Stunden selten vorkommen werden. *Sg.*

Verwendung des Baroskops zur Bestimmung der Dichte von Gasen und Dämpfen.

Von A. W. Gray. *Communic. Phys. Labor. Univers. Leiden Nr. 94a. 1905.*

Das Prinzip des Baroskops wird vom Verf. zur Konstruktion eines einfachen und empfindlichen Apparates verwandt, der es ermöglicht, Gasdichten leicht und schnell zu bestimmen. Der wesentlichste Bestandteil ist eine nach Art eines Wagebalkens an einem Quarzfaden *f* als Achse drehbare Glaskapillare *g*, die an ihren Enden eine Glashohl- und eine Glashalbkugel (h_1 und h_2) von gleichem Material und Gewicht trägt. Das Ganze ist in eine Glasröhre *G* eingeschlossen, die mit den Räumen, in denen sich das zu untersuchende Gas befindet, kommuniziert. Der mit der Dichte des Gases wechselnde Auftrieb der Hohlkugel bewirkt eine entsprechende Drehung der Glaskapillare; ein an dieser befestigter horizontaler Spiegel *m*, über dem sich ein totalreflektierendes Prisma *p* zur Ablenkung der Strahlen in horizontale Richtung befindet, ermöglicht eine genaue Beobachtung mit dem Fernrohre.



Die angewandten Dimensionen waren die folgenden: Durchmesser von h_1 10 *mm*; Dicke und Länge von g 1 bezw. 70 *mm*; Masse des beweglichen Systems 0,67 *g*, Länge von f 14 *mm*.

Bei Anwendung eines Quarzfadens von 0,05 *mm* Durchmesser und eines Skalenabstandes von 255 *cm* entsprach 0,1 *mm* auf der Skale einer Änderung der Dichte von $^1/_{6000}$ in dem Druckgebiete von 0,3 bis etwa 90 *cm* Quecksilber. Doch kann diese Empfindlichkeit vermutlich noch wesentlich gesteigert werden.

Der Apparat war ursprünglich dazu bestimmt, eine fortlaufende Kontrolle der Gasdichten bei der fraktionierten Destillation der atmosphärischen Gase zu gewähren, wird aber zu vielen anderen Zwecken, besonders zur Beobachtung kleiner Dichte-*Änderungen*, gleich gut brauchbar sein. Ausführlichere Versuche mit dem Apparat sollen später mitgeteilt werden.

Hffm.

Über die Vergleichung von Kapazitäten.

Von A. Trowbridge und A. H. Taylor. *Phys. Rev.* **23.** *S. 475. 1906.*

Die Versuche bezwecken festzustellen, ob man dieselben Resultate erhält, wenn man zwei Kondensatoren gleicher Größe durch statische Ladungen vergleicht, oder wenn man den Vergleich mit Wechselströmen vornimmt. Dabei ist nach dem Vorgange Zelenys (vgl. *diese Zeitschr.* **27.** *S. 29. 1907*) unter Kapazität das Verhältnis der „freien Ladung" des Kondensators zu der Spannung, zu der die Belegungen aufgeladen sind, zu verstehen. Die Methode wurde so gewählt, daß man die Messung mit konstanten Ladungen und mit Wechselströmen in nahezu derselben Schaltung ausführen konnte. Fig. 1 stellt die Schaltung für die Messungen mit konstanten Ladungen vor; E ist die Ladebatterie, C_1 C_2 sind die zu vergleichenden Kondensatoren, RS Präzisionswiderstände, ϱ_1 ϱ_2 die einander gleichen Widerstände der beiden Wicklungen eines Differentialgalvanometers, a b c d Kontakte eines Pendelschlüssels. Dieser schließt zunächst a und bewirkt dadurch die Ladung beider Kondensatoren, öffnet dann den Spannungskreis bei b und wenige Tausendstel Sekunden später gleichzeitig den beiden Kondensatoren gemeinschaftlichen Stromkreis bei c und d. Die Spulen des Differentialgalvanometers waren besonders für diesen Zweck durch bifilares Aufwickeln eines Drahtes hergestellt worden. Durch geeignetes Einstellen des Pendelschlüssels konnten die von Zeleny geforderten Bedingungen erfüllt werden. Stellt man auf den Strom Null im Galvanometer ein, so ist $C_1/C_2 = (S + \varrho + 2R)/S$, wo $\varrho_1 = \varrho_2 = \varrho$ gesetzt ist.

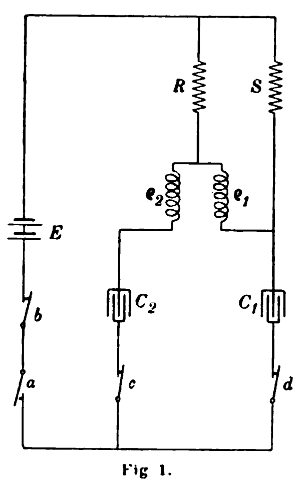


Fig. 1.

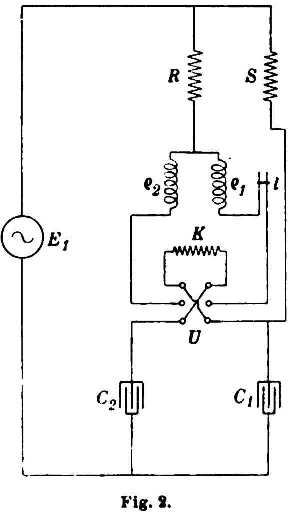


Fig. 2.

Für die Messungen mit Wechselstrom wurde genau dieselbe Anordnung benutzt, nur daß an Stelle der Batterie E eine Wechselstromquelle E_1 von der Frequenz 60 und an Stelle des Differentialgalvanometers ein für Wechselstrommessungen brauchbares d'Arsonval-Galvanometer, wie es von Terry und später von Abraham beschrieben ist (vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 350. 1906*), gesetzt ist, mit dem Unterschiede, daß das hier benutzte Galvanometer ebenfalls eine Differentialwicklung besitzt. Der obere Aufhängedraht bildet die gemeinsame Zuleitung zu beiden miteinander gleichzeitig aufgewundenen Spulen, während die Ableitungen durch zwei am unteren Ende befestigte dünne Spiralfedern hergestellt sind. Die Schaltung der Fig. 2 stimmt im wesentlichen mit derjenigen von Fig. 1 überein, in R und S ist *derselbe* Widerstandskasten wie vorher untergebracht, l ist ein Schleifdraht, um die Gleichheit der Galvanometerwiderstände ϱ_1 und ϱ_2 herbeizuführen, U ein Kommutator, der die beiden Zweige miteinander vertauscht,

um Unsymmetrien herauszubringen; K ist ein Widerstand, der die Wirkung der im Galvanometer von dem Richtelektromagneten induzierten Ströme unschädlich machen soll (er vertritt die Stelle des Kondensators in der Anordnung von Abraham *a. a. O.*). Dann ist die Bedingungsgleichung für die Ruhelage des Galvanometers genau dieselbe wie die oben für statische Ladungen angegebene.

Es wurden nun an zwei Glimmerkondensatoren von nahezu gleicher Größe (je 0,5 Mf.) in sechs Wochen Messungen nach beiden Methoden ausgeführt, die bis auf wenige Zehntausendstel übereinstimmen.

Im Mittel ergab sich aus 16 bezw. 15 Beobachtungen

$C_1/C_2 = 0{,}99364$ bei konstanten Ladungen

$C_1/C_2 = 0{,}99373$ bei Benutzung von Wechselstrom der Frequenz 60.

Bei anderen Messungen war die Übereinstimmung zwischen beiden Methoden viel schlechter; es zeigte sich, daß dies an der Kapazität der großen Widerstände des Wolffschen Kastens lag. Es ist nun nirgends in der Arbeit erwähnt, daß der Kasten mit einer Chaperonschen Wicklung versehen ist; da aber R Werte bis zu 9000 Ohm hat, so ist das Resultat nicht weiter verwunderlich. Dem Vorschlag der Verf., den Kasten dadurch zu verbessern, daß man den Rollenkern statt aus Metallrohr aus Holz nehmen soll, wird man nicht zustimmen können, da die Widerstände hierdurch nach den Erfahrungen der Reichsanstalt inkonstant werden; die Hauptsache zur Herabsetzung der Kapazität bleibt die Wicklungsart; als Kerne der Rollen nimmt man, wenn man Metall vermeiden will, zweckmäßig Porzellan.

E. O.

Die Verdampfungswärme des Wassers.

Von F. Henning. *Ann. d. Physik* **21.** *S. 849. 1906.*

Die Verdampfungswärme des Wassers ist vom Verf. zwischen 30° und 100° in der Reichsanstalt neu bestimmt worden. Die dabei angewandte Methode bestand darin, daß man dem auf Siedetemperatur und entsprechendem Druck befindlichen Wasser die zum Verdampfen nötige Energie durch elektrischen Strom zuführte, und die verdampfte Menge, die in einer Kühlvorlage kondensiert wurde, durch Wägung feststellte. Aus der Messung von Strom und Spannung wurde die elektrische Energie berechnet. Die Siedetemperatur, die unter Anwendung einer künstlichen Atmosphäre durch Regulierung des Druckes eingestellt wurde, blieb während der Messung konstant. Dadurch ist diese Methode der andern überlegen, bei der man kalorimetrisch die Wärmemenge bestimmt, die bei der Kondensation frei wird.

Die Umrechnung der elektrischen Größen auf kalorisches Maß geschah mittels der neuesten in der Reichsanstalt ausgeführten Messungen über die spezifische Wärme des Wassers, bei denen dasselbe Kadmium-Normalelement zugrunde gelegt war wie bei den vorliegenden Beobchtungen der Verdampfungswärme. Es wurde mit einer Genauigkeit von mindestens 1 Promille eine Kalorie von 15° gleich 4,188 Wattsekunden gesetzt, die elektrischen Messungen bildeten also ein Zwischenglied, das sich völlig heraushob, und die Resultate der Arbeit sind unabhängig vom Wert des Normalelementes und vom Wert des Wärmeäquivalents, soweit er durch das Normalelement beeinflußt ist.

Das Wasser befand sich in einem kupfernen Zylinder von etwa 1 Liter Inhalt, der zum Schutz gegen stärkeren Wärmeverlust von einem mit Rüböl gefüllten und elektrisch auf konstanter Temperatur gehaltenen Mantel umgeben war. In dem Wasser standen, in Kupferhülsen dicht eingelötet, die Heizspule von etwa 30 Ohm Widerstand und ein Platinthermometer. Die bei Beginn und Schluß der Siedeperiode auftretende Inkonstanz der Verdampfung wurde durch Anwendung eines Hahnes eliminiert, der ermöglichte, den Dampf zwei verschiedene Wege zu führen und die Kondensation beliebig in zwei verschiedenen Kühlvorlagen stattfinden zu lassen. In der einen Vorlage wurde also der Dampf während der Anfangs- und Schlußperiode, in der andern während der mittleren Periode konstanter Verdampfung, die allein für die Messung maßgebend war, kondensiert. Da von einem mechanischen Rührer

abgesehen wurde und der Temperaturausgleich allein durch die aufsteigenden Dampfblasen erfolgen sollte, kam für die Beobachtung eine Art Differenzverfahren zur Anwendung, um den Wärmeaustausch des Wassers mit der Umgebung berücksichtigen zu können. Werden dem Wasser auf elektrischem Wege K Kalorien und von außen durch Strahlung oder Leitung k Kalorien zugeführt, während gleichzeitig g Gramm Wasser verdampfen, so ist die Verdampfungswärme

$$L = \frac{K+k}{g} \text{ Kalorien.}$$

Durch Veränderung des Stromes wurde K und damit auch g im Verhältnis von etwa 1:4 variiert (während einer Versuchsdauer, meist von 16 Minuten, betrug g bis zu 50 Gramm). Aus 3 bis 6 solcher Gleichungen für L wurde dann unter der Annahme, daß k konstant bleibt, die Verdampfungswärme nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Einige kleine Korrektionen, die meist 1 Promille nicht überstiegen, wurden angebracht wegen geringer Veränderung von k mit K, wegen der durch die Zuleitungen der Stromspule abgeleiteten Wärme und der nicht völligen Temperaturkonstanz des Wassers während der Versuchsdauer.

Die Verdampfungswärme wurde bestimmt bei nahe 30°, 50°, 65°, 77°, 90° und 100°. Die Resultate, deren Genauigkeit etwa 1 Promille erreichte, ließen sich gut darstellen durch die empirische Gleichung

$$L = 94{,}210\,(365 - t)^{0{,}31249} \text{ Kal.}_{15^0},$$

die die Bedingung der Thermodynamik erfüllt, daß im kritischen Punkt ($t = 365^0$) die Verdampfungswärme verschwindet. Aus dieser Formel leitet man ab

für $t =$	30	40	50	60	70	80	90	100	° C.
ist $L =$	579,6	574,2	568,6	562,9	557,0	551,1	545,0	538,7	Kal.$_{15^0}$.

Regnault beobachtete im allgemeinen niedrigere Werte für die Verdampfungswärme, bei 100° fand er 536,5 Kal. Durch die aufgestellte Formel, die gut den von Dieterici bei 0° beobachteten Punkt wiedergibt, wird der für die Thermodynamik wichtige Temperaturkoeffizient der Verdampfungswärme erheblich genauer festgelegt, als es bisher der Fall war.

Hng.

Das Picousche Permeameter.

Von A. Campbell. *The Electrician* **58.** *S. 123. 1906.*

Absolute magnetische Messungen können entweder an langgestreckten Rotationsellipsoiden mittels des Magnetometers oder mit dem ballistischen Galvanometer an Ringen ausgeführt werden, die mit Primär- und Sekundärwickelung versehen sind. Beide Methoden sind so umständlich, daß sie sich für technische Betriebe nicht eignen. Weite Verbreitung hat deshalb die Hopkinsonsche Schlußjochmethode gefunden, bei welcher man das zu untersuchende Material in Gestalt dünner Zylinder oder Blechstreifen mit primärer und sekundärer Spule umgibt und in ein Schlußjoch vom 2- bis 300-fachen Querschnitt einführt. Das Ganze bildet also einen geschlossenen magnetischen Kreis wie der bewickelte Ring, aber mit dem Unterschied, daß beim Joch wegen des magnetischen Widerstands der Luftschlitze und des Jochs die aus den Dimensionen der Magnetisierungsspule und der Stromstärke abgeleitete Feldstärke $\mathfrak{H}$ nicht genau den richtigen Wert hat, sondern einer Verbesserung (Scherung) bedarf; diese hängt aber genau genommen nicht nur vom Jochmaterial, sondern auch vom Material und den Dimensionen der Probe ab, deren magnetische Eigenschaften man ja erst kennen lernen will. Somit bleibt die Scherung stets mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, die namentlich bei gutem Material beträchtlich ins Gewicht fallen kann. Picou hat nun versucht, die Jochmethode für die Bestimmung der Permeabilität so umzugestalten, daß die Anbringung einer Scherung unnötig wird.

Sein Apparat besteht aus einem Doppeljoch AB (Fig. 1), zwischen welches der rechteckige Probestab oder das zu untersuchende Blechbündel eingeklemmt wird. Sowohl die beiden Hälften als auch der Probestab tragen je eine Magnetisierungs- und eine Sekundär-

spule, welch letztere mit dem ballistischen Galvanometer verbunden werden können. Zunächst werden nun beide Joch-Magnetisierungsspulen A und B so verbunden, daß der Induktionsfluß in der durch Fig. 1 angedeuteten Weise die beiden Jochhälften, die vier Luftschlitze und die Enden des Probestabs durchsetzt, während der Stab selbst, dessen Enden sich auf gleichem magnetischen Potential befinden, induktionsfrei bleibt. Dementsprechend erhält man beim Kommutieren eines durch A und B geschickten Stromes i einen Ausschlag α_1 an dem mit den Joch-Sekundärspulen verbundenen Galvanometer. Wenn man nun die Stromrichtung in einer der beiden Joch-Primärspulen umkehrt, so verfolgt nunmehr der Kraftlinienfluß den in Fig. 2 angedeuteten Weg; die Kraftlinien müssen also außer den früheren magnetischen Widerständen noch denjenigen des Probestabs überwinden, infolgedessen wird die Induktion sinken und beim Kommutieren des Stromes i ein geringerer Galvanometerausschlag α_2 erfolgen. Schickt man nun durch die den Probestab umgebende Magnetisierungsspule C einen Strom J von solcher Größe, daß die ursprüngliche Induktion in den beiden Jochhälften wiederhergestellt wird, also beim Kommutieren der durch alle drei Magnetisierungsspulen fließenden Ströme wieder der ursprüngliche Galvanometerausschlag α_1 erfolgt, dann reicht die durch den Strom J hervorgebrachte Feldstärke $\mathfrak{H}$ gerade hin, um den magnetischen Widerstand des Stabes zu überwinden. Die entsprechende Induktion $\mathfrak{B}$ ergibt sich aus dem Ausschlag des mit der Sekundärspule C verbundenen Galvanometers beim Kommutieren sämtlicher Magnetisierungsströme. Man hat somit zwei zusammengehörige Werte $\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{B}$, die nahezu unabhängig sind von den verschiedenen Übergangswiderständen u. s. w., und findet auf gleiche Weise durch Änderung der Magnetisierungsströme die ganze Kommutierungskurve für den Probestab, natürlich aber nicht auch die Hystereseschleife, wie sie die gewöhnliche Jochmethode liefert.

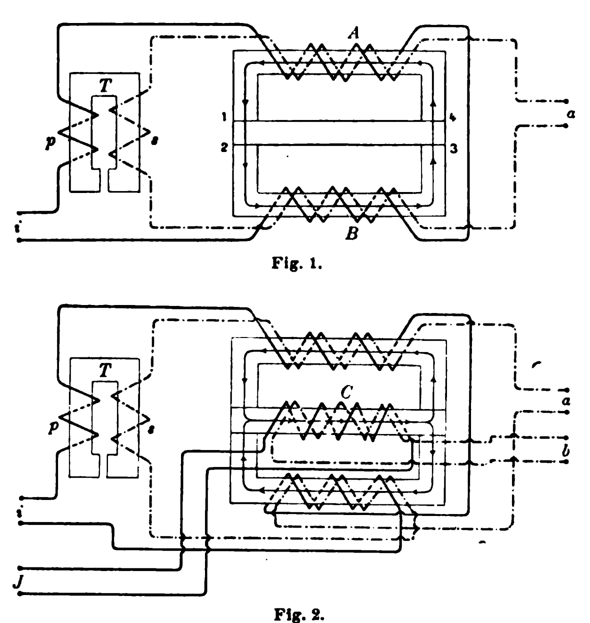


Fig. 1.

Fig. 2.

Zur genauen Ermittelung des Stroms i verwendet Picou statt der direkten Galvanometer-Ausschläge eine Nullmethode, welche ein rascheres und zuverlässigeres Arbeiten gestattet. Zu diesem Zweck sind sowohl die Primär- als auch die Sekundärwickelungen A und B der beiden Jochhälften so über einen Transformator T mit veränderlichem Luftschlitz geführt, daß die sekundäre Transformatorwickelung s einen induzierten Stromstoß von entgegengesetzter Richtung ins Galvanometer sendet wie die beiden sekundären Jochwickelungen. Durch Regulierung des Induktionsflusses im Transformator T mittels eines (in der Figur nicht angegebenen) stetig und fein veränderlichen Luftschlitzes läßt es sich also erreichen, daß das Galvanometer beim Kommutieren des Magnetisierungsstromes in Schaltung I (Fig. 1) keinen Ausschlag gibt, und dies muß dann auch bei Schaltung II (Fig. 2) lediglich durch Änderung des Stroms i erreicht werden. Der Bequemlichkeit halber wird beim Kommutieren ein rasch drehbarer Stromwender benutzt, der gleichzeitig mit dem primären auch den sekundären Strom umkehrt, sodaß eine dauernde Galvanometerablenkung erfolgt, solange die gesuchte vollkommene Gleichheit noch nicht hergestellt ist.

Allerdings haftet dieser Anordnung ein bedenklicher Mangel an, worauf der Verf. auch hinweist: wegen der sog. Nachwirkungserscheinungen, infolge deren die Induktion, namentlich bei weichem Material und kleinen Sprüngen, nicht augenblicklich der magneti-

sierenden Kraft folgt, hängt der Galvanometerausschlag von der Schnelligkeit ab, mit welcher der Stromwender gedreht wird. Diese Fehlerquelle ist wohl kaum zu beseitigen, sie liegt eben in der Natur jeder auf das ballistische Galvanometer angewiesenen Jochmethode.

Sodann ist aber ohne weiteres ersichtlich, daß der in den Fig. 1 und 2 nur schematisch angegebene Verlauf der Induktionslinien in den Luftschlitzen und in den zwischen den Jochhälften eingeklemmten Endstücken des Probestabs bei Schaltung I etwas anders sein wird als bei Schaltung II, denn im ersteren Falle durchsetzen die Induktionslinien die Luftschlitze und Endstücke genau senkrecht, im anderen mehr oder weniger schräg. Hierdurch wird aber der magnetische Widerstand etwas geändert, was wiederum die Anbringung einer Scherung erfordern würde, die Picou gerade vermeiden wollte. Inwieweit dies Bedenken gerechtfertigt ist, läßt sich aus den Versuchen des Verf. nicht erkennen, da die mit dem Permeameter gefundenen Werte nur mit solchen Versuchsergebnissen verglichen werden, welche durch ebenfalls nicht einwandfreie Methoden gewonnen sind.

Glch.

Neu erschienene Bücher.

H. Lehmann, Beiträge zur Theorie und Praxis der direkten Farbenphotographie mittels stehender Lichtwellen nach Lippmanns Methode. 8°. IV, 89 S. m. 2 Figurentaf. u. 3 Spitzertypien. Freiburg i. Br., C. Trömer 1906. 4 M.

Diese Schrift ist im wesentlichen ein Bericht über die gründlichen und zielbewußten Untersuchungen des Verf. auf dem Gebiete der Lippmannschen Photographie. Ihre Lektüre schließt sich zweckmäßig an die des betreffenden Kapitels des Donathschen Buches (vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 374. 1906*) an.

Nach einem kurzen Überblick über die früheren Arbeiten Anderer wird man gleich in die eigenen Untersuchungen über Mischfarbenphotographie eingeführt. Ihr erstes Ziel ist die Wiedergabe der spektralen Mischfarben, die man durch Übereinanderlagern von Spektren erhält, und die deshalb nur eine beschränkte Zahl von verschiedenen Wellenlängen enthalten. Es gelingt dem Verf. — Lehmann arbeitet ebenso wie Neuhaus und Valenta mit kornlosen Gelatinetrockenplatten — bei seinen systematischen Versuchen, solche spektralen Mischfarben einschließlich Weiß so wiederzugeben, daß sie sich im Bilde spektroskopisch in ihre einzelnen Komponenten zerlegen lassen. Dabei ergibt sich, daß „synchrone und asynchrone Mischfarbenaufnahmen" übereinstimmen, und daß die Aufnahmen auf der Glasseite reinere Farben als auf der Schichtseite zeigen. Die Wiedergabe von spektralen Mischfarben aus drei Komponenten gelingt nur bedingt.

Das folgende Kapitel über die Aufnahme von heterogenen Mischfarben, d. h. solchen, die sich aus unendlich vielen verschiedenen Wellenlängen zusammensetzen, enthält die wichtigste praktische Neuerung Lehmanns, eine neue Methode der Abstimmung. Bisher galt es als Ziel, die Farbenempfindlichkeitskurve der Platte für die Lippmannschen Aufnahmen lediglich durch die Dosierung der Sensibilisatoren in Übereinstimmung mit der des Menschenauges zu bringen. In Verfolgung dieses Ziels hatte man bei den bis jetzt verfügbaren Sensibilisatoren zwischen zwei Übelständen zu wählen: entweder wurde, bei maximaler Sensibilisierung für Rot, die Empfindlichkeit für Orange und Gelbgrün zu groß, oder man mußte zur Vermeidung dieses Fehlers mit der großen Gelbgrünempfindlichkeit auch die Rotempfindlichkeit stark herabsetzen und dafür das bei der Aufnahme ohne Filter zurückbleibende Rot durch eine nachträgliche Belichtung durch ein Rotfilter kräftigen. Lehmann vermeidet beide Übelstände dadurch, daß er bei der Sensibilisierung der Platte ein Maximum für Rot herbeiführt, und dann die eigentliche Abstimmung durch ein in den Lichtweg eingeschaltetes „Kompensationsfilter für Lippmann-Photographie" vornimmt. Durch diese „physikalische Abstimmung" erreicht er es, im Gegensatz zur bisher üblichen „photochemischen" Abstimmung, daß die überwiegende Intensität der orangefarbigen und gewisser grüner Strahlen im richtigen Verhältnis geschwächt, das Rot aber vollständig durchgelassen wird.

Die Abstimmung richtet nun Lehmann nicht so ein, daß die aus der Plattenempfindlichkeit und der Absorptionskurve des Filters sich zusammensetzende Farbenkurve möglichst mit der Farbenempfindlichkeitskurve des Menschenauges übereinstimmt, sondern so, daß sich drei komplementäre Maxima bei $\lambda = 620\ \mu\mu$, $\lambda = 540\ \mu\mu$ und $\lambda = 430\ \mu\mu$ bilden. Einer in dem wichtigen theoretischen Teile am Schluß des Buches abgeleiteten Forderung entsprechend erreicht er damit, daß die richtige Farbenwiedergabe in weiten Grenzen von der Belichtungszeit unabhängig ist, und zwar so weit, daß „bei Beleuchtung mit diffusem Licht selbst 10-fache Überexposition dem Gesamteindrucke des Bildes nichts schadet“ (natürlich bei entsprechend modifizierter Entwickelung), während bei Neuhaus „halbfache Über- oder Unterexpositionen schon vollständig genügen, die Platte zu verderben“.

In den weiteren Kapiteln sind neue, z. T. erfolgreiche Versuche beschrieben, 1. die störende Wirkung der Oberflächenwelle zu beseitigen, 2. einen gleichwertigen Ersatz für Lippmanns Quecksilberspiegel zu finden, 3. Lippmannsche Spektra zweiter und dritter Ordnung (optische Obertöne) zu erzeugen. Eingehend wird ferner über mikroskopische Schnitte durch Lippmannsche Aufnahmen berichtet; auch sind drei als Spitzertypien wiedergegebene Vergrößerungen solcher Schnitte auf Tafeln beigefügt, und zwar 1. homogenes Rot, 2. eine spektrale synchrone Mischfarbe, 3. eine heterogene Mischfarbe (gelbes Blumenblatt), während die berühmten Untersuchungen von Neuhaus sich auf homogene Farben beschränkten.

Schließlich wird in einem besonderen Kapitel eine ausführliche Anleitung zur praktischen Ausführung der Lippmannschen Photographie gegeben. Sobald es den Bemühungen des Verf. gelingt, daß geeignete Trockenplatten und zugehörige Filter für die physikalische Abstimmung sowie auch eine bequem zu transportierende Quecksilberkassette, die ähnlich wie eine normale Plattenkassette an der Kamera angebracht wird, und schließlich ein geeigneter Betrachtungsapparat[1]) im Handel zu haben sind, ist anzunehmen, daß die Farbenphotographie nach Lippmanns Verfahren Eingang in die Amateurkreise findet. Denn wenn dem Verfahren auch der gewöhnlichen Schwarzweiß-Photographie gegenüber noch große Mängel anhaften, besonders die Schwierigkeit der Vervielfältigung und die Notwendigkeit ziemlich langer Exposition — eine Porträtaufnahme im Freien verlangt, trotz der Fortschritte Lehmanns auch in diesem Punkte, bei sehr gutem Licht und Verwendung eines Objektivs von der relativen Öffnung 1/3 noch eine Belichtung von einer halben Minute, eine Landschaftsaufnahme mit einem Objektiv von der Öffnung 1/4,5 immerhin einige Sekunden — so sind doch die spezifischen Vorzüge gegenüber den mannigfaltigen Dreifarbenverfahren sehr verlockend. *Wa.*

P. Duhem, *Recherches sur l'Elasticité. De l'équilibre et du mouvement des milieux vitreux; milieux peu déformés: stabilité des milieux élastiques: propriétés générales des ondes dans les milieux non visqueux.* 4°. 218 S. Paris 1904. 10 M.

F. P. Treadwell, Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie. In 2 Bde. 2. Bd. Quantitative Analyse. 4., verm. u. verb. Aufl. 8°. XI, 639 S. m. 10[illegible] Abbildgn. im Text u. 2 Tab. im Anh. Wien, F. Deuticke 1907. 11 M.

E. Warburg, Lehrbuch der Experimentalphysik für Studierende. 9., verb. u. verm. Aufl. gr. 8°. XXII, 430 S. m. 428 Original-Abbildgn. im Text. Tübingen, J. C. B. Mohr 1906. 7 M.; geb. 8 M.

A. Slaby, Otto v. Guericke. Festvortrag aus Anlaß der Grundsteinlegung des Deutschen Museums zu München. 8°. 28 S. Berlin, J. Springer 1907. 0,60 M.

[1]) In der „Allgemeinen photographischen Ausstellung“ im Abgeordnetenhaus in Berlin waren seit Anfang September v. J. zwei von C. Zeiß in Jena konstruierte „Betrachtungsapparate für Lippmann-Photographien“ ausgestellt, die mit je vier Aufnahmen von H. Lehmann beschickt waren.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:
Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **S. Czapski**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVII. Jahrgang. **März 1907.** Drittes Heft.

Ein neues Quadrantenelektrometer für dynamische Messungen.

Von

H. Schultze.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Die großen Vorzüge, die elektrometrische Methoden für Leistungs-, Strom- und Spannungsmessungen an Wechselströmen besitzen, sind die Veranlassung dafür gewesen, daß in der Reichsanstalt seit mehreren Jahren eingehende Untersuchungen über Theorie und Praxis des Quadrantenelektrometers angestellt worden sind[1]). Diese Untersuchungen sind fortgesetzt[2]) und die gewonnenen Erfahrungen zur Konstruktion eines neuen Quadrantenelektrometers verwertet worden, in dem eine Reihe von Mißständen, die sich beim Arbeiten mit den gebräuchlichen Formen des Instruments geltend machten, beseitigt sind.

Beschreibung des Instruments.

Die Fig. 1 und 2 stellen das in seine Hauptteile zerlegte und das bis auf Anbringung der Schutzmäntel M_1, M_2 und M_3 zusammengesetzte Instrument dar[3]). Sämtliche Teile, bei denen nichts anderes angegeben ist, bestehen aus Messing, die Außenflächen des Instruments sind hochglanz poliert und mit hellem Lack überzogen. Im Innern ist jeder Lack vermieden.

Die auf drei Fußschrauben ruhende Grundplatte des Elektrometers ist von drei Schrauben S durchsetzt, auf denen, durch eine Art Kugelgelenk mit ihnen verbunden, der Ring J ruht. Die Schrauben S haben 0,8 *mm* Ganghöhe und tragen am unteren Ende Köpfe, deren Umfang in 20 Teile geteilt ist und an Schneiden vorübergleitet, an denen die ganzen Umdrehungen der Schrauben markiert sind. Dem Ringe J können somit leicht bestimmte Neigungen gegen die Grundplatte gegeben werden.

Auf den Ring J, der einen inneren Durchmesser von 8 *cm* besitzt, wird das Quadrantensystem mittels des mit ihm verbundenen Ringes a (Fig. 3), der in eine Ausdrehung des Ringes J paßt, einfach aufgesetzt, und zwar so, daß ein Schlitz der Quadranten möglichst parallel zu einer der drei Höhen des durch die drei Schrauben S bestimmten gleichseitigen Dreiecks verläuft. Das Quadrantensystem ist ähnlich wie bei der von Addenbrooke[4]) angegebenen Konstruktion seitlich offen und der

[1]) Orlich, *diese Zeitschr.* **23.** *S. 97. 1903.*

[2]) Vorläufige Mitteilungen in den Tätigkeitsberichten der Reichsanstalt für 1903—1905, *diese Zeitschr.* **24.** *S. 143. 1904;* **25.** *S. 114. 1905* und **26.** *S. 147/148. 1906.*

[3]) Das Instrument wurde in der Werkstatt des Starkstromlaboratoriums hergestellt.

[4]) *The Electrician* **45.** *S. 901. 1900;* Referat in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 123. 1901.*

Abstand der Quadrantenflächen durch Schrauben regulierbar (Fig. 1, 2, 3). Die obere Hälfte *O* und die untere *U* des Quadrantensystems bestehen aus je drei Hauptteilen, der Trägerplatte *w*, den vier Quadranten *q* und der Schutzhülse h_3 bezw. h_4. Jeder der vier Quadranten *q* ist von der Trägerplatte *w* durch drei Ebonitklötze e_1, jede Schutzhülse von *w* durch zwei Ebonitklötze e_2 isoliert. Die Ebonitklötze sind zwecks Herabsetzung der Oberflächenleitung mit tiefen Nuten versehen. Um jede störende Wirkung der Isolatoren auf die Aufhängung bezw. Nadel auszuschließen, sind sie durch je drei ringförmige Metallschirme *r* abgeschützt. Die für

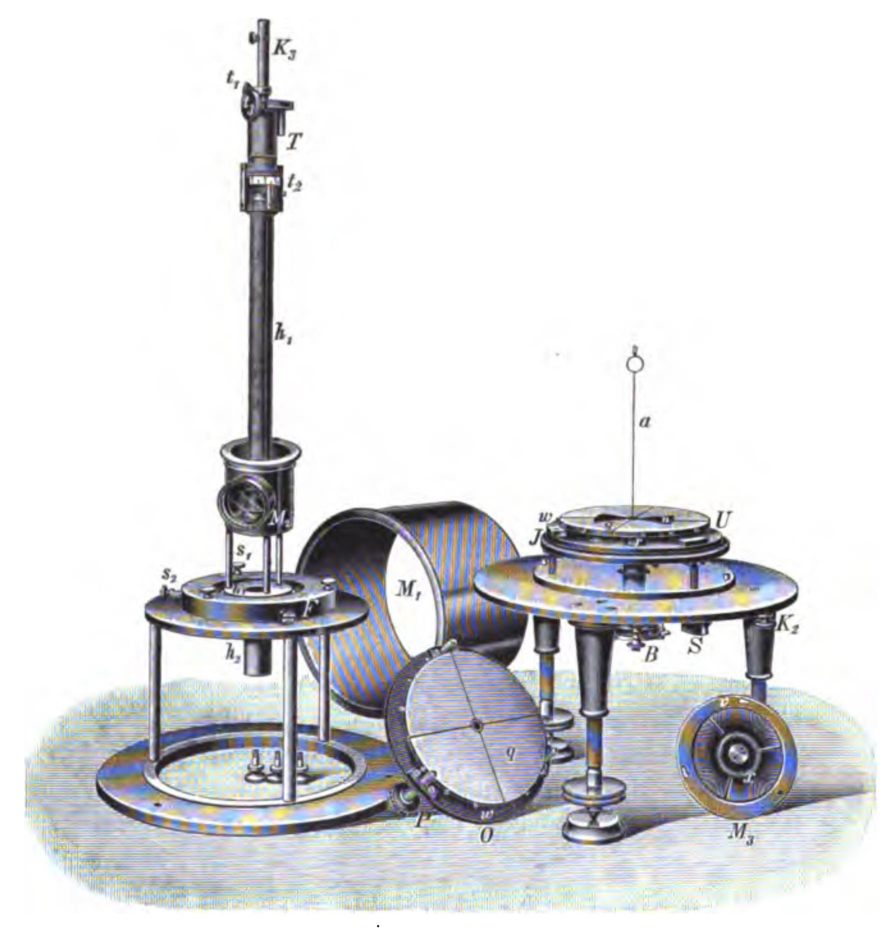


Fig. 1.

die Messung wichtigsten Teile, die Quadranten *q*, sind eben abgeschliffen und dann, um eine dauernd reine metallische Oberfläche zu erhalten, galvanisch vergoldet. Zum Quadrantensystem zusammengesetzt werden die beiden Teile *O* und *U* mittels der drei im gleichseitigen Dreieck angeordneten Präzisionsschrauben *P*, deren Gewinde in der an den betreffenden Stellen verstärkten Trägerplatte von *O* verlaufen, und deren Spitzen, wenn die Schlitze von *O* und *U* übereinander liegen, genau in Vertiefungen der an den betreffenden Stellen ebenfalls verstärkten Trägerplatte von *U* passen. Die Stahlschrauben *P* haben 0,5 *mm* Ganghöhe. Der Umfang ihrer Köpfe ist in 10 Teile geteilt und gleitet an festen Marken *c* vorüber. Mit Hülfe der Präzisionsschrauben ist es möglich, die einander zugekehrten Flächen der Quadranten sehr genau einander parallel zu stellen und ihren Abstand bequem auf die gewünschte

Größe zu bringen. Zur Vermittlung der nötigen Verbindungen und Anschlüsse sind an den einzelnen Quadranten je drei Schräubchen *d* vorgesehen.

Es erscheint nicht überflüssig, einige Angaben über das zweckmäßigste Vorgehen beim Bau des mechanisch immerhin ziemlich komplizierten Quadrantensystems zu machen. Es folgen der Reihe nach: das Abdrehen der Trägerplatten *w* und der Platten *Q*, die später in je vier Quadranten *q* zerschnitten werden sollen; das Aufzeichnen der Grundrisse auf die Platten; das Eindrehen sämtlicher Nuten bezw. Gewinde für die Schutzringe *r*; das Einlöten der Schutzringe *r* mit Weichlot; das Abdrehen ihrer Enden; das Herstellen sämtlicher Bohrungen, Gewinde und Versenkungen für Schrauben, mit Ausnahme derjenigen für die Schrauben *s* in den Ebonitklötzchen; das Einschrauben der Hartgummiklötzchen e_1 in die Platten *Q*; das Abschleifen der herausragenden Enden der Klötzchen zu einer der Grundfläche von *Q* parallelen Ebene; das Festschrauben der inneren Schutzringe mit den Hartgummiklötzchen e_2 auf den Platten *w*. Danach werden die Platten *Q* und *w* in einem Holzfutter in der richtigen Lage über einander befestigt, und es wird durch jedes Loch für die Schrauben *s* auf *w* genau zentral und zur Trägerplatte senkrecht das entsprechende Loch in den darunter liegenden, bisher vollen Ebonitklotz gebohrt, das Gewinde geschnitten und die betreffende Schraube sofort fest eingezogen. Nun erst werden die Platten *Q* mittels einer Kreissäge von 0,5 *mm* Stärke in die Quadranten zerschnitten.

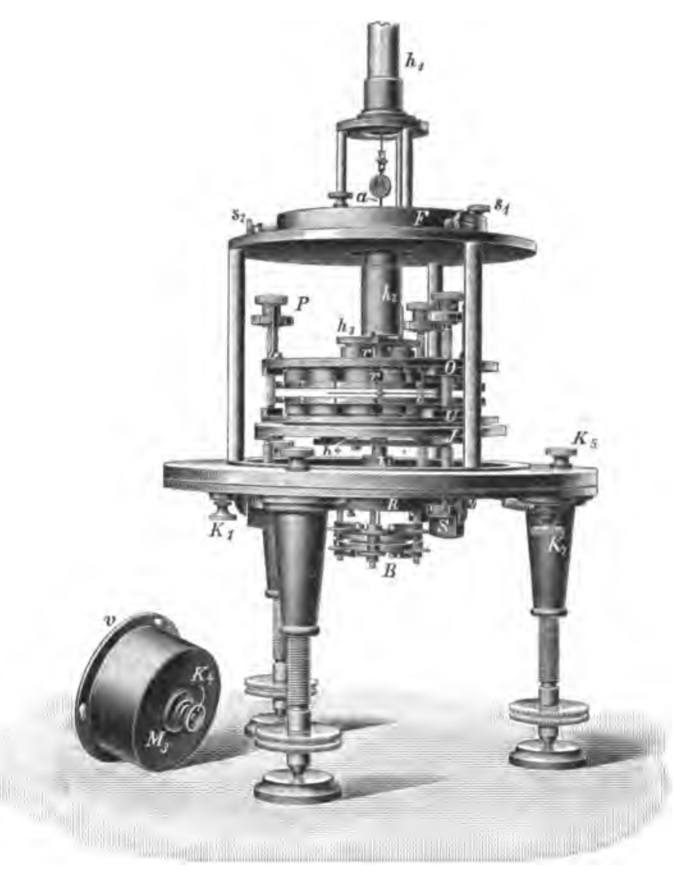


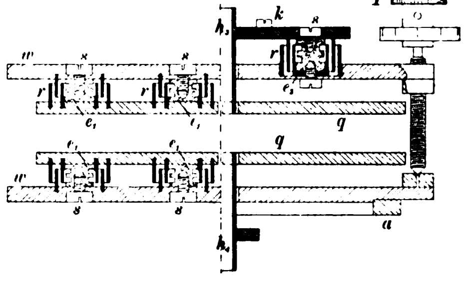
Fig. 2.

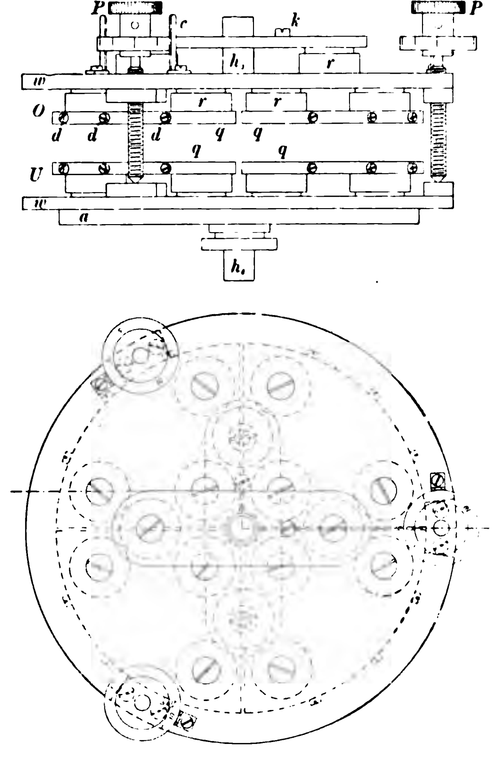
Geht man in der beschriebenen Weise vor, so sind die Spannungen in den Platten so gering, daß die Schlitze nach dem Zerschneiden von *Q* überall nahe 0,5 *mm* Breite haben und die Quadrantenflächen nahezu eben bleiben. Durch Abschleifen auf ebenen Glasplatten werden möglichst vollständige Ebenen hergestellt. Das Anschrauben der die Schutzhülsen h_3 bezw. h_4 tragenden Stücke an die Platten *w* in der richtigen Lage findet in analoger Weise statt. Das galvanische Vergolden[1]) der Quadranten *q* erfolgt, nachdem eine jede Quadrantenhälfte vollkommen zusammengesetzt ist. Nach dem Vergolden werden die ganzen Teile *O* und *U* zwecks Ent-

[1]) Pfanhauser, Die galvanische Metallplattierung und Galvanoplastik. Wien 1890. S. 203.

fernung von Säureresten einige Zeit in destilliertes Wasser gelegt. Getrocknet werden sie, indem sie nacheinander in Alkohol und Äther getaucht und dann an der Luft ausgeschwenkt werden. Die Isolation ist dann für dynamische Messungen wieder ungeändert gut.

An der unteren Seite der Grundplatte des Instruments sind die festen Teile des auf Luftreibung beruhenden Dämpfers B (Fig. 1, 2, 4) angebracht. Auf der Hartgummiplatte f (Fig. 4) ist mittels dreier Schrauben g die Metallplatte j aufgeschraubt. Diese trägt in der Mitte das Metallrohr h_5, das über die zentral durchbohrte Grundplatte des Instruments hinausragt. In den verstärkten Rand von j sind die drei Messingschrauben l eingelötet, auf welchen mittels der Muttern m die in der Mitte





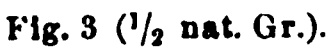


Fig. 3 (1/2 nat. Gr.).

durchbohrten, ebenen Metallplatten n_1 und n_2 horizontal und in regulierbaren Abständen voneinander festgesetzt werden können. Bringt man zwischen n_1 und n_2 die mit der Aufhängung festverbundene Kreisscheibe p, so kann man durch Änderung des Abstandes der Platten n_1 und n_2 von p die Luftdämpfung in weiten Grenzen variieren. Die Hartgummiplatte f ist mittels des Messingringes n und der Schrauben y an der Grundplatte des Instruments befestigt und zwar so, daß mit Hülfe der Schrauben z nach allen Seiten kleine Verschiebungen des ganzen Dämpfers gegen die Grundplatte möglich sind. Hierdurch kann bewirkt werden, daß der die Scheibe p tragende Draht der Aufhängung stets die Durchbohrungen von n_1 und n_2 in der Mitte durchsetzt. Abgeschlossen wird die Dämpfungsvorrichtung durch den Mantel M_3, der mittels dreier Bajonettverschlüsse v auf den Ring n aufgesetzt wird. M_3 befindet sich also auf demselben Potential wie das Gehäuse. Die Dämpfervorrichtung muß mit der Aufhängung (Nadel) gleiches Potential haben. Um dies bequem zu erreichen, ist über dem Boden des Mantels M_3, von diesem durch das Ebonitstück e_3 und die Glimmerscheibe e_4 isoliert, die Messingfeder x angebracht (s. auch Fig. 1), die beim Aufsetzen des Mantels in Kontakt mit den Enden der Metallschrauben l tritt. Durch die mit der Feder x leitend verbundene Klemmschraube K_4 kann die ganze Dämpfervorrichtung auf das Nadelpotential gebracht werden. Die Nuten i in der Hartgummischeibe f dienen wieder zur Verbesserung der Isolation.

An der unteren Seite der Grundplatte des Instruments sind weiter, durch Hartgummi isoliert, die Zuleitungsklemmen K_1 und K_2 (Fig. 1 u. 2) angebracht. Sie stehen durch Drähte, welche die Grundplatte, ebenfalls durch Hartgummi isoliert, durchsetzen, mit je einem Quadrantenpaar in Verbindung.

Die Zuleitung zu dem Elektrometergehäuse wird durch eine der drei Schrauben K_5 (Fig. 2) vermittelt, die gleichzeitig dazu dienen, das obere Gestell des Elektrometers auf der Grundplatte zu befestigen und leitend mit ihr zu verbinden.

Von dem oberen Gestell des Instruments sind das Schutzrohr h_2 (Fig. 1 u. 2), das Gehäuse M_2 für den Ablesespiegel, das Schutzrohr h_1 und der Torsionskopf T, die in leitender Verbindung miteinander stehen, in ganz analoger Weise wie die Dämpfervorrichtung durch eine Hartgummiplatte, die in Fig. 1 zwischen dem Metallring F und dem Schutzrohr h_2 sichtbar ist, isoliert. Die Schrauben s_1 und s_2 dienen demselben Zweck wie die Schrauben y und z in Fig. 4. Die Zuleitung zu den Teilen T, h_1, M_2, h_2 erfolgt durch die Klemmschraube K_3.

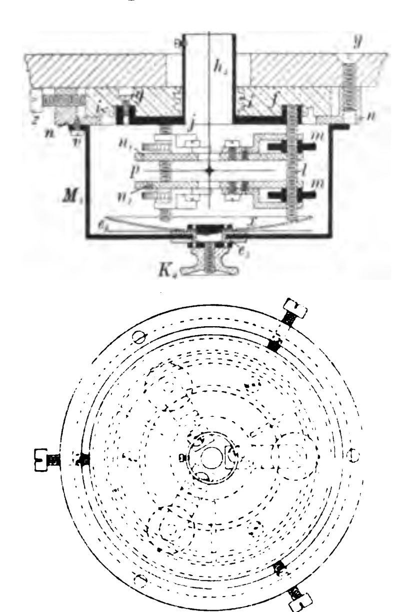

Fig. 4 (1/2 nat. Gr.).


Fig. 5 (1/2 nat. Gr.).

Verbindet man die Teile h_2 und h_3 durch einen Kupferdraht, der an h_2 angelötet, an h_3 mittels der Klemmschraube k (Fig. 3) befestigt ist, verbindet man ebenso h_4 und h_5 leitend mittels der daran angebrachten Klemmschrauben, so ist die Aufhängung fast vollständig von Schutzrohren umgeben, die mit ihr gleiches Potential haben. Eine Unterbrechung bildet nur die Glasscheibe im Spiegelgehäuse, ein kleiner Teil oberhalb der Dämpferplatten und natürlich der Raum zwischen den beiden Quadranten. Das Schutzrohr h_2 besitzt unten einen Auszug, der bei jeder Höhenlage der oberen Quadrantenhälfte O so gestellt werden kann, daß das Schutzrohr h_3 in h_2 hineinragt.

Der Versuch hat gezeigt, daß, wenn man die Aufhängung in der angegebenen Weise abschützt, Richtkräfte auf andere Teile der Aufhängung als die Nadel bei den Nadelspannungen, die für Messungen in Frage kommen, nicht auftreten. Besonders hervorgehoben sei, daß auch die Glasscheibe im Bereich dieser Spannungen nicht merklich störend wirkt. Ebensowenig resultiert daraus, daß die Quadranten an den Seiten offen sind, ein nachweisbarer Einfluß.

Die Konstruktion des Torsionskopfes T, der in dieser, von Orlich angegebenen Form in der Reichsanstalt schon mehrfach an anderen Instrumenten benutzt worden ist, geht aus den Fig. 1 u. 5 hervor. Die Gleitstange g (Fig. 5) kann zusammen mit dem Führungsrohr b herausgehoben werden. Durch Verschieben von g in b, die mittels der Schraube t_1 in der gewünschten gegenseitigen Lage festgehalten werden können, erfolgt die ungefähre Höheneinstellung der mit der Klemme c an g befestigten Aufhängung. Die feinere Höheneinstellung erfolgt mit Hülfe der Mikrometerschraube t_2, bei deren Betätigung eine Drehung der Aufhängung gegen das Gehäuse durch die

Konstruktion ausgeschlossen ist. Die an dem Stück d angreifende Tangentenschraube t_3 ermöglicht es, der Aufhängung mit großer Genauigkeit bestimmte Drehungen gegen die Quadranten zu erteilen. An der Innenwand von T sind vorspringende Kanten, die den Aufhängefaden beim Hineinbringen oder Herausheben gefährden könnten, vermieden.

Zur Aufhängung dienen feine Platinfäden (Wollaston-Drähte) von 20 bis 5 μ Durchmesser oder aus diesen gewalzte Platinbänder[1]).

Die Konstruktion der den Spiegel s, die Nadel n und die Dämpferscheibe p (Fig. 4) starr verbindenden Aufhängung geht aus Fig. 6 hervor. Die Nadel wird zwischen den Backen b_1, die Dämpferscheibe zwischen den Backen b_2 eingeklemmt. Die Öse o stellt man nach Flachhämmern des Drahtendes mit Bohrer und Feile her. Das Metallplättchen c, an welches das den Spiegel s tragende Gehäuse mittels zweier Häkchen gehängt wird, ist mit Aluminiumlot am Drahte befestigt. Das ganze System besteht aus Magnalium, dessen Oberfläche zunächst schwach verkupfert und dann vergoldet ist. Das Magnalium, das in Blech- und Drahtform von der Firma Roeder & Co. in Hannover bezogen wurde, ist wegen seiner größeren Härte dem Aluminium vorzuziehen. Unter 0,1 mm starke, fast vollkommen ebene und widerstandsfähige Nadeln und Dämpferscheiben aus Magnalium erhält man leicht, wenn man sie aus einer etwa 0,5 mm starken, sehr harten und ebenen Platte aussägt und dann in warmer Kalilauge bis zur gewünschten Stärke abätzt. Nach kurzem Spülen mit einem Gemisch von Schwefelsäure und Salpetersäure, wodurch eine schöne matte Metallfarbe erzielt wird, und mit destilliertem Wasser, können die abgeätzten Stücke sogleich verkupfert und vergoldet werden. Die Nadel n hat die aus Fig. 6 ersichtliche Form.

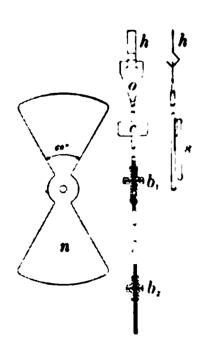


Fig. 6 (nat. Gr.).

Zusammensetzen und Einstellen des Instruments.

Die Behandlung der Wollaston-Drähte, wenn Nachwirkungserscheinungen ausgeschlossen werden sollen, ist von Orlich[2]) beschrieben. Auch für die dünnsten Drähte leicht ausführbar hat sich folgendes Verfahren erwiesen. An den Enden des Wollaston-Drahtes werden zunächst nur etwa 1 cm lange Stücke von der Silberhülle befreit und in der von Orlich angegebenen Weise an kleine Platinbleche geschweißt. Es folgt das Abätzen der gesamten Hülle und das Ausglühen des Platinfadens[1]). Jetzt wird der Draht auf eine reine Glasplatte gelegt, sodaß das eine Ende mit dem Platinblech etwas über den Rand der Platte hinausragt, und das überstehende Stück am Rande der Glasplatte glatt abgeschnitten. Auf das freie Ende wird der vorher mit Weichlot versehene Hals eines aus platt gewalztem Platindraht gebogenen Häkchens h aufgelegt und durch Auflegen eines kleinen Lötkolbens an dem Faden festgelötet. Das Platinblech am anderen Ende des Drahtes wird dann mittels der Klemme c (Fig. 5) gefaßt und der Faden in das Elektrometer gehängt.

Das Einbringen von Nadel und Dämpferscheibe in das Instrument erledigt sich folgendermaßen. Das Elektrometer wird in die in Fig. 1 dargestellten Teile zerlegt und außerdem die untere Platte n_2 (Fig. 4) des Dämpfers B entfernt. Die obere Quadrantenhälfte O wird auf die untere U gesetzt, und es werden die Schrauben P so gestellt,

[1]) Diesselhorst, *diese Zeitschr.* **26.** *S. 123. 1906.*

[2]) *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 99. 1903.*

daß sich die zugekehrten Flächen von O und U gerade berühren. Erteilt man jetzt den drei Schrauben P eine bestimmte, gleiche Anzahl von Umdrehungen, so bleiben die Quadrantenflächen genügend einander parallel. O wird dann wieder von U abgenommen. Nachdem an U je zwei gegenüberliegende Quadranten leitend verbunden sind und die Fläche von U mittels Libelle horizontal gestellt worden ist, wird die mit dem Aufhängedraht a (Fig. 1) versehene Nadel n auf U gesetzt und mit dem von unten genäherten, die Dämpferscheibe tragenden Drahte durch Verschrauben starr verbunden. Es folgen: das Aufsetzen von O auf U, das Verbinden je zweier übereinander liegender Quadranten q durch blanke Kupferdrähte, das Anhängen des Spiegels an c (Fig. 6), das Aufsetzen und Festschrauben des oberen Elektrometergestells auf die Grundplatte und die Herstellung der leitenden Verbindung zwischen h_2 und h_3 (Fig. 2). Jetzt wird das Häkchen h der Aufhängung mittels der Schrauben t_2, t_3 und s_2 (Fig. 1) so gestellt, daß sein umgebogenes Ende in die Öse o (Fig. 6) hineinragt. Durch die Schraube t_2 wird dann die ganze Aufhängung vorsichtig gehoben und in die Mitte zwischen beiden Quadrantenflächen gebracht. Platinhäkchen und vergoldete Öse geben stets einen guten und sicheren Kontakt. Ist die Aufhängung gut ausbalanciert, so gelingt es leicht, das Häkchen, das etwas schmaler ist als die Öse, an dieser so angreifen zu lassen, daß die Nadel genügend parallel zu den Quadrantenflächen liegt. Nachdem mittels der Schrauben s_2 bezw. z dafür gesorgt ist, daß der Aufhängedraht die Durchbohrungen der Quadranten bezw. der Dämpferplatten zentral durchsetzt, werden diese so gestellt, daß nahezu aperiodische Dämpfung eintritt.

Bei Verwendung sehr empfindlicher Systeme ist die Dämpfungsvorrichtung überflüssig. Man hängt dann allein den Aufhängedraht a (Fig. 1) mit der Nadel n ins Elektrometer und stellt nahe aperiodische Dämpfung durch entsprechende Regulierung des Abstandes der Quadrantenflächen her. Damit ist gleichzeitig die höchste für das betreffende System erreichbare Empfindlichkeit eingestellt.

Schließlich wird mittels der Tangentenschraube t_3 (Fig. 1 u. 5) die Nadel so gestellt, daß ihre Längsachse möglichst genau über einem der Schlitze von U liegt. Um diese Einstellung, ungestört durch Luftströmungen, machen zu können, wird während derselben der Mantel M_1 durch einen Mantel aus Nickelpapier, die Metallseite nach innen, ersetzt, in dem diametral gegenüber zwei durch dünne Glimmerscheiben verschlossene Ausschnitte angebracht sind. Die dieser Lage der Nadel entsprechende Einstellung des Ablesefernrohrs wird notiert.

Das Zusammensetzen und Einstellen des Elektrometers läßt sich in etwa $^1/_4$ Stunde erledigen. Sehr vorteilhaft macht sich dabei die bequeme Zugänglichkeit aller Teile, auf die bei der Konstruktion besonderer Wert gelegt ist, geltend.

Wenn man nicht sehr unempfindliche Systeme benutzt, ist es unbedingt nötig, das Instrument trotz seiner hellen und blanken Oberfläche gegen Wärmestrahlung und plötzliche Temperaturänderung, die zu schwachen Luftströmungen im Elektrometer Anlaß geben, durch Einbauen in ein außen mit Stanniol belegtes Gehäuse zu schützen[1]), und zwar um so sorgfältiger, je leichter die Aufhängung und je kleiner die Direktionskraft des benutzten Platinfadens ist. Fast alle Fälle, in denen inkonstante Nullage und unsichere Einstellungen auftraten, ließen sich auf ungenügendes Abschützen dieser Einflüsse zurückführen. Bei dem empfindlichsten System, mit dem bisher Beobachtungen angestellt wurden (s. u.), war eine allerdings sehr geringe Störung durch Strahlung bisher nicht ganz zu beseitigen.

---

[1]) Orlich, *diese Zeitschr.* **24.** *S. 143. 1904.*

Bei Verwendung sehr leichter und empfindlicher Systeme muß außerdem das Elektrometer durch Aufsetzen auf eine Juliussche Aufhängung[1]) gegen Erschütterungen geschützt werden.

Anwendung.

Genaue Angaben über die verschiedenen Elektrometerschaltungen und die dafür zweckmäßigen Kommutierungen finden sich in der Abhandlung von Orlich[2]).

In der für Leistungsmessungen an Wechselströmen wichtigen *Quadrantenschaltung* (Nadel auf hohem Potential V_0, ein Quadrantenpaar an Erde, das andere auf niederem Potential V_1) gilt, wenn in der von Orlich angegebenen Weise kommutiert wird, streng die Formel

$$\frac{\alpha - \beta + \gamma - \delta}{2} \, \frac{1 + \mathfrak{A}\, V_0^2}{b} = 2\, V_0\, V_1 \text{ [3])}.$$

$\frac{\alpha - \beta + \gamma - \delta}{2}$ ist das Mittel aus den bei den vier Kommutierungen beobachteten Ausschlägen, $\frac{1 + \mathfrak{A}\, V_0^2}{b}$ die sogenannte Maxwellsche Konstante, die also im allgemeinen nicht konstant, sondern eine Funktion von V_0^2 ist. Der Elektrometerausschlag ist demnach nicht der Nadelspannung V_0 proportional, sondern wächst langsamer, wenn $\mathfrak{A}$ positiv, und schneller, wenn $\mathfrak{A}$ negativ ist. Betreffs der Abhängigkeit der Werte für $\mathfrak{A}$ von der Nadelform unter sonst gleichen Bedingungen sei einstweilen auf die vorläufige Mitteilung[4]) verwiesen. Dort ist auch ausgeführt, daß, wenn nur Quadrantenflächen und Nadel genügend eben sind, es sich stets erreichen läßt, daß $\mathfrak{A} = 0$ wird, also Proportionalität zwischen Ausschlag und Nadelspannung eintritt. Ist $\mathfrak{A}$ positiv, so erreicht man diese Proportionalität, indem man den Quadranten mittels der Schrauben S um die Längsachse der Nadel als Achse eine entsprechende Drehung erteilt, ist $\mathfrak{A}$ negativ, so führt eine Drehung um die in der Nadelebene gelegene Senkrechte zur Längsachse der Nadel zum Ziel. Die Größe der notwendigen Drehung wird durch Probieren gefunden. Hier sei noch eins kurz erwähnt. Hallwachs[5]) benutzt die an dem von ihm konstruierten Quadrantenelektrometer ebenfalls vorhandenen Schrauben S dazu, die von ihm angegebene Justierung auf Symmetrie der Ausschläge herbeizuführen. Diese ist zwar, wenn man in der Orlichschen Art kommutiert[6]), nicht nötig, bietet aber immerhin Vorteile. Da die Schrauben S bei dem neuen Elektrometer für die Justierung auf $\mathfrak{A} = 0$ festgelegt sind, wird hier die „Symmetrie nach Hallwachs" dadurch erreicht, daß man mittels der Schrauben s_2 der Nadel gegen die Quadranten kleine Parallelverschiebungen erteilt, deren Richtung man ausprobiert.

Ein Einblick in das Verhalten des Instruments in der Quadrantenschaltung, wenn die Konstante $\mathfrak{A}$ durch die erwähnte Justierung zu Null gemacht ist, gibt Tabelle I. In der ersten und zweiten Spalte sind die Spannungen V_1 und V_0 in Volt, in der dritten und vierten die zugehörigen Ausschläge in *mm* bei steigender und fallender Spannung V_0, in der fünften die Mittel daraus, in der sechsten die prozentualen Abweichungen der gemessenen Ausschläge von den unter der Annahme vollständiger Proportionalität berechneten angegeben.

---

[1]) *Wied. Ann.* **56.** *S. 151. 1895; diese Zeitschr.* **16.** *S. 267. 1896.*

[2]) *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 97. 1903.*

[3]) *A. a. O. S. 102.*

[4]) *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 147. 1906.*

[5]) *Wied. Ann.* **29.** *S. 13. 1886.*

[6]) *A. a. O.*

Tabelle I.

Abstand der Quadrantenflächen 4 *mm*; Längsachse der Nadel 5 *cm*; Nadelwinkel 60°; Gewicht der gesamten Aufhängung mit Dämpferscheibe 0,62 *g*; Durchmesser der Dämpferscheibe 3 *cm*; Aufhängefaden ein 20 *cm* langes Platinband, gewalzt aus Wollaston-Draht von 15 μ; Dämpfungsverhältnis 250; Schwingungsdauer bei dieser Dämpfung 33,6 Sek.; Skalenabstand 2900 *mm*.

V_1	V_0	$\frac{\alpha - \beta + \gamma - \delta}{2}$			Abweichung
		Hingang	Rückgang	Mittel	
Volt	Volt	mm	mm	mm	%
$0{,}0997_5$	$^1/_6 \cdot 150{,}1_0$	$108{,}4_8$	$108{,}5_3$	$108{,}5_0$	+ 0,03
"	$^2/_6 \cdot$ "	$2 \cdot 108{,}5_0$	$2 \cdot 108{,}4_8$	$2 \cdot 108{,}4_9$	+ 0,02
"	$^3/_6 \cdot$ "	$3 \cdot 108{,}3_9$	$3 \cdot 108{,}4_1$	$3 \cdot 108{,}4_0$	− 0,06
"	$^4/_6 \cdot$ "	$4 \cdot 108{,}4_6$	$4 \cdot 108{,}4_7$	$4 \cdot 108{,}4_7$	± 0,00
"	$^5/_6 \cdot$ "	$5 \cdot 108{,}4_7$	$5 \cdot 108{,}4_7$	$5 \cdot 108{,}4_7$	± 0,00
"	$^6/_6 \cdot$ "	$6 \cdot 108{,}5_0$	$6 \cdot 108{,}4_8$	$6 \cdot 108{,}4_9$	+ 0,02

Die Tabelle zeigt Konstanz der Ausschläge und Proportionalität derselben mit der Nadelspannung V_0 in den Grenzen der Beobachtungsfehler. Daß beides in längerer Zeit merklich bestehen bleibt, zeigen die 24 Stunden bezw. vier Tage später angestellten Kontrollversuche, die bei demselben V_1 wie oben folgende zu V_0 gehörigen Ausschläge ergaben:

V_0	10./1. 07.	13./1. 07.
$^2/_6 \cdot 150{,}1_0$	$2 \cdot 108{,}4_9$	$2 \cdot 108{,}5_0$
$^4/_6 \cdot$ "	$4 \cdot 108{,}4_9$	$4 \cdot 108{,}6_0$

Die Schwingungsdauer ist bei der recht erheblichen Empfindlichkeit nicht zu groß. Verringert man den Abstand der Quadrantenflächen und wählt man die Längsachse der Nadel entsprechend kleiner, so kann man dieselbe Empfindlichkeit bei noch kleinerer Schwingungsdauer erzielen. Betreffs des zahlenmäßigen Zusammenhangs sei auf die vorläufige Mitteilung[1]) verwiesen. Behält man dieselbe Aufhängung bei, so erreicht man natürlich durch Verringern des Abstandes der Quadrantenflächen bei derselben Schwingungsdauer eine entsprechend größere Empfindlichkeit. Benutzt man als Aufhängefaden einen 11 *cm* langen Platindraht von 20 μ Durchmesser, so zeigt das in der Tabelle I beschriebene System bei dem Dämpfungsverhältnis 208 eine gedämpfte Schwingungsdauer von 12,3 Sek. und gibt für $V_0 = 150$ Volt und $V_1 = 1{,}0186$ Volt bei 2000 *mm* Skalenabstand 390 *mm* kommutierten Ausschlag. Dies ist eine Empfindlichkeit, die für Leistungsmessungen meist genügt.

Für die für Spannungs- und Strommessungen wichtige *idiostatische Schaltung* (Nadel und ein Quadrantenpaar am Gehäuse, das andere Quadrantenpaar auf dem Potential V) gilt nach Orlich[2]) streng die Formel

$$\frac{\alpha + \beta - \gamma - \delta}{2} \cdot \frac{1 + \mathfrak{B} V^2}{a_2 - a_1} = V^2.$$

Die „Maxwellsche Konstante" würde hier wirklich eine Konstante sein, wenn $\mathfrak{B} = 0$ würde. Neuerdings angestellte Versuche haben ergeben, daß auch die Elektrometerkonstante $\mathfrak{B}$ durch bestimmte Maßnahmen zu Null zu machen ist. Die Untersuchungen darüber sind noch nicht abgeschlossen.

Tabelle II zeigt das Verhalten des in Tabelle I charakterisierten Systems in dieser Schaltung.

---

[1]) *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 148. 1906.*

[2]) *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 107. 1903.*

Tabelle II.

V	$\frac{\alpha + \beta - \gamma - \delta}{2}$			Abweichung
	Hingang	Rückgang	Mittel	
Volt	*mm*	*mm*	*mm*	%
$^2/_4 \cdot 4{,}504$	$110{,}2_3$	$110{,}2_1$	$110{,}2_2$	$-0{,}07$
$^3/_4 \cdot 4{,}504$	$^9/_4 \cdot 110{,}3_2$	$^9/_4 \cdot 110{,}2_9$	$^9/_4 \cdot 110{,}3_0$	$\pm 0{,}00$
$^4/_4 \cdot 4{,}504$	$4 \cdot 110{,}4_0$	$4 \cdot 110{,}3_6$	$4 \cdot 110{,}3_8$	$+0{,}07$

Die Konstanz der Beobachtungen ist wieder befriedigend. 𝔅 hat, wenn auch bei den kleinen Werten von V noch nahe Proportionalität vorhanden ist, einen merklichen, negativen Wert.

Ein erheblich stärker negatives 𝔅 ergibt sich bei Versuchen mit dem empfindlichsten bisher untersuchten System[1]), das durch folgende Angaben charakterisiert ist: Abstand der Quadrantenflächen 2 *mm*; Längsachse der Nadel 2,5 *cm*; Nadelwinkel 30°; Gewicht der gesamten Aufhängung (ohne Dämpfer vgl. *S. 71*) 0,20 *g*; Aufhängefaden ein 23 *cm* langes Platinband, gewalzt aus einem 5 μ dicken Wollaston-Draht; Dämpfungsverhältnis etwa 500; Schwingungsdauer bei dieser Dämpfung 48 Sek. Skalenabstand 2900 *mm*; Elektrometer auf Juliusscher Aufhängung. Betreffs der Vorsichtsmaßregeln bei der Beobachtung vgl. *S. 71.*

Die Konstanz der Ausschläge wurde hier so geprüft, daß in Abständen von je $^1/_2$ Stunde je zweimal hinter einander der einem Weston-Normalelemente ($V = 1{,}0186$ Volt) entsprechende Ausschlag (in *mm*) bestimmt wurde. Es ergab sich z. B. am 10. Febr. 1907

$6^h\ 18^m$ p. m. $336{,}6_2$; $336{,}5_7$
$6^h\ 48^m$ „ $336{,}7_2$; $336{,}7_7$
$7^h\ 18^m$ „ $337{,}1_2$; $337{,}1_2$

Das geringe Ansteigen des Ausschlages hat seinen Grund in der Strahlung der Skalenbeleuchtung. Die in einer Stunde erfolgte Änderung des Ausschlags, 0,15 %, die wegen der quadratischen Empfindlichkeit in die zu messende Spannung nur mit der Hälfte eingeht, ist so gering, daß einer Verwendung des Instruments in dieser Form und bei dieser Empfindlichkeit nichts im Wege steht, besonders, wenn man zwischen zwei Eichungen nicht zu lange Zeit vergehen läßt. Für die Strommessung an Wechselströmen ist dies von großem Werte.

Versucht man das letztgenannte System in der Quadrantenschaltung zu verwenden, so stößt man auf die Schwierigkeit, daß man höchstens Spannungen von 20 Volt an die Nadel legen darf. Bei höheren Spannungen treten zwischen Nadel und Quadranten wegen kleiner, unvermeidlicher Unsymmetrien störende Richtkräfte auf, die die Direktionskraft des Fadens übersteigen. Bei dem in Tabelle I beschriebenen System trat diese Störung bei 500 Volt Nadelspannung noch nicht auf. Die Kontaktpotentialdifferenzen zwischen den beiden Quadrantenpaaren[2]) betrugen bei den Versuchen bis 0,02 Volt. Sind sie bei Messungen mit sehr empfindlichen Systemen in der Quadrantenschaltung durch ihre Größe störend, so empfiehlt es sich, sie durch gegengeschaltete Gleichspannung nahe zu kompensieren.

[1]) Über das zur Erreichung so hoher Empfindlichkeiten verwandte Prinzip s. Paschen, *Physikal. Zeitschr.* **7.** *S. 492. 1906.* Vgl. auch Kleiner, *Vierteljahrsschr. d. Naturforsch. Gesellsch. in Zürich* **51.** *S. 226. 1906*; Referat in *dieser Zeitschr.* **27.** *S. 30. 1907.*

[2]) Vgl. Hallwachs, *Wied. Ann.* **29.** *S. 14. 1886*; Orlich, *diese Zeitschr.* **23.** *S. 103. 1903.*

Hervorgehoben sei, daß die Ausschläge des neuen Instrumentes für Gleichstrom unabhängig von der Ladezeit sind[1]). Dies beweist einerseits, daß störende Einflüsse fester Dielektrika nicht vorhanden sind; andrerseits folgt daraus theoretisch, daß das mit Gleichstrom geeichte Elektrometer unabhängig von der Wechselzahl und der Gestalt der Spannungskurve die effektiven Wechselstromgrößen geben muß[2]).

Die Ebonitisolationen genügen für dynamische Messungen, für die das Instrument bestimmt ist, durchaus. Wollte man das Elektrometer für statische Messungen benutzen, so müßte man statt des Ebonits Bernstein verwenden.

Charlottenburg, im Februar 1907.

Über die Verzeichnungsfehler photographischer Objektive.

Von
Dr. E. Wandersleb in Jena.

(Schluß von S. 37.)

Numerische Angaben über den Bildfehler der Verzeichnung sind in der photographisch-optischen Literatur nur sehr spärlich zu finden. Zunächst sind hier wieder einige weit zurückliegende englische und amerikanische Publikationen zu nennen, die in dem oben[3]) schon zitierten Werke von M. von Rohr über „Geschichte und Theorie des photographischen Objektivs" angeführt werden, wie denn überhaupt die für die Entwicklungsgeschichte der photographischen Optik sehr reichhaltige englische Journalliteratur jener Jahrzehnte im wesentlichen erst durch M. von Rohr wieder erschlossen worden ist. Auf *S. 183* jenes Werkes findet man errechnete Angaben von J. Goddard aus dem Jahre 1858 über die Verzeichnung einer einfachen Landschaftslinse, auf *S. 187* durch Versuche gefundene Angaben von Th. Grubb aus dem Jahre 1862 über die Verzeichnungsfehler seiner *aplanatic lens.* Auf *S. 202* wird über eine Arbeit von R. H. Bow aus dem Jahre 1861 berichtet, die die Verzeichnung einer einfachen plankonvexen Linse eingehend rechnerisch behandelt und unter anderem eine sehr instruktive graphische Darstellung des Resultats enthält[4]). Die genannten drei Veröffentlichungen beziehen sich auf Einzellinsen, die bekanntlich mit besonders großen Verzeichnungsfehlern behaftet sind. Jedoch liegen auch einige Zahlen über die Verzeichnung von solchen Systemen vor, bei denen sie sehr gering ist. Der Deutsch-Amerikaner J. E. Hilgard hat bereits 1863 eine Arbeit veröffentlicht, in der er die Resultate der Verzeichnungs-Prüfung von C. C. Harrisons symmetrischer *globe lens* niedergelegt hat[5]). Weiter gehört hierher die oben[6]) schon erwähnte Mitteilung von D. Kämpfer, in der die Pupillenaberrationen eines auf K. Koppes Anregung konstruierten Kollinears der Firma Voigtländer für photogrammetrische Zwecke numerisch angegeben werden. Es ist wahrscheinlich, daß sich in der astronomischen und geodätischen Literatur hie und da weitere hierher gehörende Zahlen finden.

---

[1]) Um dies vollständig zu erreichen, war u. a. auch das Vergolden von Nadel und Quadranten nötig.

[2]) Vgl. H. Fischer, *Physikal. Zeitschr.* **7.** *S. 376. 1906.*

[3]) Auf *S. 34.*

[4]) Diese Darstellung ist verkleinert wiedergegeben auf *S. 282* des Werks von J. M. Eder: Die photographischen Objektive, ihre Eigenschaften und Prüfung. (Drittes Heft des „Ausführlichen Handbuchs der Photographie" desselben Autors.) 8°. I—VI, S. 207—314. Halle, W. Knapp 1882.

[5]) Vgl. *S. 207* des v. Rohrschen Werks.

[6]) Auf *S. 36.*

Eine vergleichende Zusammenstellung der Verzeichnungsfehler verschiedener photographischer Objektive existiert meines Wissens nicht, während die vier für die Schärfe der Abbildung wichtigen Bildfehler der sphärischen Aberration und der Aberration von der Sinusbedingung für Achsenpunkte und des Astigmatismus und der Bildkrümmung für seitliche Punkte in dem Werke M. von Rohrs für eine große Reihe von Systemen nach Durchrechnungsresultaten graphisch dargestellt worden sind. Von einer Darstellung der Verzeichnung hat M. von Rohr ausdrücklich abgesehen[1]), da seiner Ansicht nach die Abweichungen von der Orthoskopie im allgemeinen zu geringfügig sind, um die mühevolle Darstellung zu rechtfertigen; denn sie „würde, da die Abhängigkeit von zwei unabhängigen Variabeln [der objekt„seitigen Hauptstrahlneigung w und dem Abbildungsmaßstabe N] in Frage kommt, „die Isoplethenmethode, also ein ziemlich umständliches Verfahren, erfordern". Demgegenüber ist der Verfasser auf Grund des ihm vorliegenden Materials der Meinung, daß es genügt, die Verzeichnung für eine Anzahl von diskreten Werten von N, also ohne Anwendung der Isoplethenmethode, graphisch darzustellen, und daß graphische Darstellungen jedenfalls erforderlich sind, um die unklaren und falschen Ansichten über die Verzeichnungsfehler, die immer wieder auftauchen, wirksam zu bekämpfen.

Auf den diesem Aufsatz beigegebenen beiden Tafeln ist für 64 verschiedene photographische Systeme die Verzeichnung graphisch dargestellt. Um den Vergleich mit den Korrektionsdarstellungen des von Rohrschen Werks zu erleichtern, zu dem die vorliegenden Kurven als Ergänzung dienen dürften, ist für die objektseitige Hauptstrahlneigung w, die als unabhängige Variable auftritt, derselbe Maßstab wie dort gewählt, nämlich 2,4 *mm* für einen Grad. Um die Verzeichnungskurven von den astigmatischen Kurven jenes Werks deutlich zu unterscheiden, ist für die Eintragung von w nicht wie dort die Ordinatenachse, sondern die Abszissenachse gewählt worden. Die Ordinaten der Verzeichnungskurven geben die Werte der Verzeichnung V an, bei allen Objektiven mit Mittelblende in einem solchen Maßstabe, daß einer Abweichung von 1 Promille eine Ordinatenlänge von 2 *mm* entspricht. Nur bei den Landschaftslinsen mit Vorderblende ist der Maßstab für V 10-mal so klein gewählt worden, weil sonst die Kurven zu viel Platz beanspruchen würden. Hier entspricht also die Ordinatenlänge von 2 *mm* einer Abweichung von 1 Prozent. Damit man auf diesen Unterschied schon beim Anblick der Kurven aufmerksam wird, sind diese hier gestrichelt, dort voll ausgezogen. Der als Parameter in die Darstellung eintretende Abbildungsmaßstab N ist jeder Kurve als Ziffer beigefügt. Ohne Ausnahme ist die Verzeichnung für $N = \infty$ dargestellt, für andere Werte von N nur für eine Reihe von Systemen. Für symmetrische Objektive stellt für den Fall $N = 1$ die Abszissenachse selbst die Verzeichnungskurve dar, da für diesen Fall Orthoskopie im strengen Sinne vorhanden ist. Es läßt sich leicht nachweisen, daß die Kurvendarstellungen, bei entsprechender Deutung, auch für die Werte des Abbildungsmaßstabs die Verzeichnung angeben, die den beigeschriebenen Werten N reziprok sind.

Aus den Ausdrücken 3) und 5) (s. oben *S. 33 u. 34*) ergibt sich der Wert der Verzeichnung zu

$$V = \frac{\dfrac{x_0' + \delta'}{x_0 + \delta} \cdot \dfrac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w}}{\dfrac{1}{N}} - 1. \qquad 6)$$

[1]) Auf *S. 54* des Werks.

Nach dieser Gleichung sind die Ordinaten der Kurven für endliche Werte von N zu berechnen. Für $N = \infty$ wird der Bruch zunächst unbestimmt. Er läßt sich jedoch sofort in eine brauchbare Form bringen, wenn man im Nenner den Faktor $(x_0 + \delta) : N$ absondert und berücksichtigt, daß $x_0 = Nf$ ist; dann ergibt sich beim Übergang zur Grenze

$$\lim_{N=\infty} \frac{x_0 + \delta}{N} = \lim_{N=\infty} \left(f + \frac{\delta}{N}\right) = f,$$

und man bekommt für die Berechnung der Kurvenwerte für einen unendlich großen Wert von N, d. h. für den Fall, daß das abzubildende Objekt im Unendlichen liegt, den Ausdruck

$$V_{N=\infty} = \frac{x_0' + \delta'}{f} \cdot \frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w} - 1. \qquad 7)$$

Zur Bestimmung der Kurven genügte es stets, für nur wenige, gewöhnlich für drei Winkel w, die Ordinaten zu berechnen. Diese berechneten Ordinaten sind ausgezogen worden. Im Punkte $w = 0^0$ berühren die Kurven die Abszissenachse.

Zur nachträglichen Deutung, d. h. für den Leser, ist eine andere Form des Wertes V bequemer. Bezeichnet man zum Unterschied von der mit dem Verzeichnungsfehler behafteten wirklichen Bildgröße $\mathfrak{y}'$ die entsprechende bei verzeichnungsfreier Abbildung vorhandene Bildgröße mit $\bar{\mathfrak{y}}'$, so lassen sich die beiden soeben angeführten Ausdrücke für die Kurvenwerte V auch in der Form schreiben

$$V = \frac{\mathfrak{y}'}{\bar{\mathfrak{y}}'} - 1 = \frac{\mathfrak{y}' - \bar{\mathfrak{y}}'}{\bar{\mathfrak{y}}'}. \qquad 8)$$

Hier ist deutlich erkennbar, daß *die Kurvenordinanten die Abweichung der wirklichen Bildgrösse von der korrekten Bildgrösse angeben.*

Es ist vielleicht nicht ganz überflüssig, noch darauf hinzuweisen, daß bei einem gerechten Vergleich der Verzeichnungskurven verschiedener Systeme der Zustand der übrigen Bildfehler berücksichtigt werden muß, insbesondere der sphärischen Aberrationen und der Abweichungen von der Sinusbedingung; denn je vollkommener und für eine je größere wirksame Öffnung diese beiden Bildfehler beseitigt werden, um so schwieriger ist im allgemeinen die Korrektion der Verzeichnung. Um für die Beurteilung der Kurven von diesem Gesichtspunkt aus wenigstens einen Anhalt zu geben, ist in den Unterschriften die beim Gebrauch zulässige relative Maximalöffnung des betreffenden Systems angegeben worden, die in der Regel aus den zugrunde liegenden Publikationen direkt zu entnehmen ist.

Für 39 von den 64 Systemen, für die die Verzeichnungskurven auf den Tafeln mitgeteilt werden, findet man obendrein die Kurven für die anderen 4 Bildfehler in dem bequem zugänglichen Quellenwerke M. von Rohrs. Den Namen der betreffenden Systeme ist deshalb in eckigen Klammern die zugehörige Nummer der Rohrschen Diagramme hinzugefügt. Die übrigen 25 Verzeichnungsdarstellungen beziehen sich auf solche Systeme, die erst nach dem Erscheinen jenes Werks bekannt geworden sind, oder die dort nicht wichtig schienen, während sie im Rahmen der vorliegenden Arbeit wertvoll sind. Zur Kennzeichnung dieser Systeme sollen die folgenden kurzen Hinweise dienen. Eine Linsenskizze und ein Verzeichnis der Konstruktionselemente ist für solche Systeme hinzugefügt worden, die hier zum ersten Male, mit freundlicher Erlaubnis der Firma C. Zeiß in Jena, veröffentlicht werden. Vielleicht gibt diese Arbeit den Anstoß zu weiteren hier interessierenden Mitteilungen auch von seiten andrer Fabrikationsstätten.

Zu Nr. 2: Die Konstruktionselemente dieses Petzvalschen Porträt-Objektivs hat M. von Rohr durch Nachmessungen eines Exemplars bestimmt, das zu Anfang der fünfziger Jahre in der Voigtländerschen Werkstatt hergestellt worden ist, und das er durch die Vermittelung von G. Aarland erhalten hatte. Die Resultate hat er nebst den errechneten Kurven der sphärischen und astigmatischen Aberrationen veröffentlicht[1]). Verschiedene Umstände weisen darauf hin, daß es der Form sehr nahe kommt, die Petzval selbst für die günstigste hielt.

Zu Nr. 6: Die Konstruktionsangaben und die Korrektionsdarstellungen dieses Objektivs sind zusammen mit den soeben besprochenen von M. von Rohr veröffentlicht worden[1]).

Zu Nr. 11, 29, 40: Die beiden ersten Kurven gehören zu den zwei Ausführungsbeispielen der Beschreibung zu D.R.P. Nr. 92313, die von den später auf Grund dieses Patents regulär ausgeführten Formen der Planare abweichen. Die Kurve Nr. 40 gilt für ein für spezielle Zwecke mehrfach ausgeführtes Planar mit der Öffnung 1:7,2, das in Fig. 2 dargestellt ist. Alle drei Systeme sind symmetrisch zur Blende, während das System zu Nr. 8 nicht symmetrisch ist.

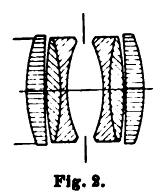


Fig. 2.
P. Rudolph: Planar 1:7,2.
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reduziert auf $f_D = 100$ *mm*.

Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

Radien	Dicken und Entfernungen	Glasarten n_D
$r_1 = r_{10} = 19{,}8$	$d_1 = d_8 = 2{,}4$	$L_1 = L_6 = 1{,}60904$
$r_2 = r_9 = 97{,}8$	$d_2 = d_7 = 0{,}2$	$L_2 = L_5 = 1{,}50640$
$r_3 = r_8 = 39{,}5$	$d_3 = d_6 = 1{,}8$	$L_3 = L_4 = 1{,}52121$
$r_4 = r_7 = 28{,}2$	$d_4 = d_5 = 0{,}8$	
$r_5 = r_6 = 15{,}0$	$b_1 = b_2 = 2{,}4$	

Hierzu Kurve Nr. 40.

Zu Nr. 9, 10, 13, 18: Diese Kurven gelten für ausgeführte Formen der Tessare 1:3,5; 1:4,5; 1:6,3, eines Typus, der der Firma Carl Zeiß in Jena durch das D. R. P. Nr. 142294 geschützt ist. Mit dem Ausführungsbeispiel der Patentschrift ist keine von ihnen identisch. Die Systeme zu Nr. 9 und 10 werden beide angenähert durch Fig. 3, das System zu Nr. 13 durch Fig. 4, das System zu Nr. 18 durch Fig. 5 wiedergegeben.

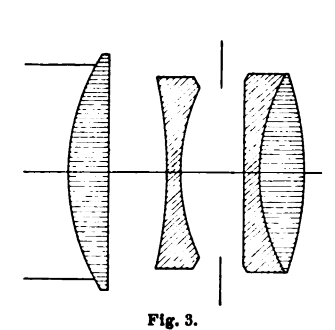


Fig. 3.
P. Rudolph und E. Wandersleb: Tessar 1:3,5.
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reduziert auf $f_D = 100$ *mm*.

P. Rudolph u. E. Wandersleb: Tessar 1:3,5. Quelle: Angaben des Verfassers. Reduziert auf $f_D = 100$ *mm*.

Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

Radien	Dicken und Entfernungen	Glasarten n_D
$r_1 = 29{,}6$	$d_1 = 5{,}3$	$L_1 = 1{,}61420$
$r_2 = \infty$	$d_2 = 7{,}7$	$L_2 = 1{,}61351$
$r_3 = 59{,}1$	$d_3 = 1{,}8$	$L_3 = 1{,}52753$
$r_4 = 26{,}3$	$b_1 = 5{,}3,\ b_2 = 3{,}1$	$L_4 = 1{,}61758$
$r_5 = \infty$	$d_4 = 2{,}1$	
$r_6 = 27{,}1$	$d_5 = 5{,}9$	
$r_7 = 41{,}2$		

Hierzu Kurve Nr. 9.

P. Rudolph u. E. Wandersleb: Tessar 1:3,6. Quelle: Angaben des Verfassers. Reduziert auf $f_D = 100$ *mm*.

Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

Radien	Dicken und Entfernungen	Glasarten n_D
$r_1 = 28{,}6$	$d_1 = 4{,}0$	$L_1 = 1{,}61342$
$r_2 = \infty$	$d_2 = 8{,}6$	$L_2 = 1{,}61290$
$r_3 = 57{,}3$	$d_3 = 1{,}7$	$L_3 = 1{,}53280$
$r_4 = 25{,}2$	$b_1 = 5{,}7,\ b_2 = 4{,}0$	$L_4 = 1{,}61451$
$r_5 = \infty$	$d_4 = 2{,}9$	
$r_6 = 26{,}6$	$d_5 = 5{,}2$	
$r_7 = 40{,}1$		

Hierzu Kurve Nr. 10.

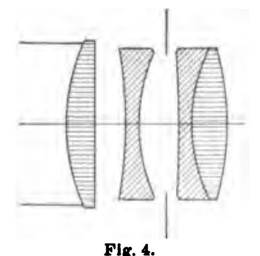


Fig. 4.
P. Rudolph und E. Wandersleb: Tessar 1:4,5.
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reduziert auf $f_D = 100$ *mm*.

Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

Radien	Dicken und Entfernungen	Glasarten n_D
$r_1 = 26{,}3$	$d_1 = 3{,}7$	$L_1 = 1{,}61342$
$r_2 = \infty$	$d_2 = 4{,}0$	$L_2 = 1{,}57391$
$r_3 = 58{,}1$	$d_3 = 1{,}7$	$L_3 = 1{,}53000$
$r_4 = 23{,}9$	$b_1 = 3{,}7,\ b_2 = 1{,}6$	$L_4 = 1{,}61451$
$r_5 = 146{,}7$	$d_4 = 1{,}7$	
$r_6 = 22{,}3$	$d_5 = 4{,}6$	
$r_7 = 36{,}3$		

Hier zu Kurve Nr. 13.

[1]) Ueber ältere Porträtobjektive. *Diese Zeitschr.* **21.** *S. 49. 1901.*

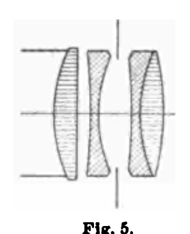


Fig. 5.

P. Rudolph: Tessar 1 : 6,3.
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reduziert auf $f_D = 100$ mm.

Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

		Glasarten n_D
$r_1 = 20,1$	$d_1 = 3,1$	$L_1 = 1,61162$
$r_2 = \infty$	$d_2 = 1,7$	$L_2 = 1,58305$
$r_3 = 66,0$	$d_3 = 1,0$	$L_3 = 1,52343$
$r_4 = 18,8$	$b_1 = 2,4,\ b_2 = 1,9$	$L_4 = 1,60730$
$r_5 = 81,1$	$d_4 = 1,0$	
$r_6 = 20,3$	$d_5 = 3,1$	
$r_7 = 33,6$		

Hierzu Kurve Nr. 18.

Zu Nr. 16 u. 17: Das System zu Nr. 16 ist das dritte Zahlenbeispiel der Beschreibung zu D. R. P. Nr. 134408 mit der relativen Öffnung 1 : 6. Die meisten der später auf Grund dieses Patents fabrizierten „Unare" haben eine größere Öffnung. Jedoch sind auch in geringem Umfang Unare 1 : 6,3 fabriziert worden, deren relative Öffnung also der des 3. Patentbeispiels sehr nahe liegt. Sie werden durch Fig. 6 dargestellt, ihre Verzeichnung durch die Kurve Nr. 17.

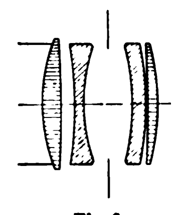


Fig. 6.

P. Rudolph: Unar 1 : 6,3
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reduziert auf $f_D = 100$ mm.

Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

		Glasarten n_D
$r_1 = 23,0$	$d_1 = 2,6$	$L_1 = L_4 = 1,60986$
$r_2 = 141,6$	$d_2 = 1,8$	$L_2 = L_3 = 1,57292$
$r_3 = 51,6$	$d_3 = 1,2$	
$r_4 = 23,0$	$b_1 = b_2 = 3,2$	
$r_5 = 30,6$	$d_4 = 1,8$	
$r_6 = 39,9$	$d_5 = 0,1$	
$r_7 = 153,6$	$d_6 = 1,8$	
$r_8 = 30,0$		

Hierzu Kurve Nr. 17.

Zu Nr. 20: Diese Kurve ist nach den Konstruktionselementen berechnet, die A. Gleichen[1]), vermutlich nach Angaben von R. Steinheil, veröffentlicht hat, und die von den den Kurven Nr. 19 zugrunde liegenden Angaben der Patentschrift D. R. P. Nr. 76662 mehrfach abweichen.

Zu Nr. 27: Das System wird durch Fig. 7 dargestellt. Es ist als Serie IV nach den nebenstehenden Konstruktionsdaten unter dem Schutze des D. R. P. Nr. 56109 mehrere Jahre lang von der Firma C. Zeiß hergestellt worden.

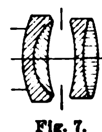


Fig. 7.

P. Rudolph: Anastigmat 1 : 12,5.
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reduziert auf $f_D = 100$ mm.

Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

		Glasarten n_D
$r_1 = 13,8$	$d_1 = 1,4$	$L_1 = 1,56804$
$r_2 = 6,2_5$	$d_2 = 1,8$	$L_2 = 1,52197$
$r_3 = 15,9$	$b_1 = b_2 = 1,8$	$L_3 = 1,52150$
$r_4 = 18,3$	$d_3 = 1,1$	$L_4 = 1,57360$
$r_5 = 18,3$	$d_4 = 1,8$	
$r_6 = 18,3$		

Hierzu Kurve Nr. 27.

Zu Nr. 28: Das zugrunde liegende System ist das Ausführungsbeispiel der Beschreibung zu D. R. P. Nr. 143841. Es kann neben dem System zu Nr. 42 als Vertreter des neuerdings an mehreren Stellen (Goerz, Steinheil u. A.) ausgebildeten Typs symmetrischer Objektive gelten, deren Hälften aus einer einfachen bikonkaven Zerstreuungslinse und einer einfachen bikonvexen Sammellinse bestehen, und deren relative Öffnung mehrfach bis zu dem Betrage 1 : 4,5 gesteigert worden ist.

Zu Nr. 31 u. 63: Diese Kurven gelten für das zweite Ausführungsbeispiel der Beschreibung zu D. R. P. Nr. 153525. Eben dieses zweite Ausführungsbeispiel wurde hier gewählt, weil es dem Verfasser in bezug auf die Korrektion der übrigen Bildfehler unter den drei in der Patentschrift mitgeteilten Beispielen am günstigsten da zu stehen scheint.

Zu Nr. 33 u. 64: Das zugrunde liegende System ist das Ausführungsbeispiel der Beschreibung zu D. R. P. Nr. 171369.

---

[1]) Auf *S. 473* des Buchs: A. Gleichen, Lehrbuch der geometrischen Optik. 8°. XIV, 511 S. m. 251 Textfig. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner 1902.

Zu Nr. 34: Die Kurve gilt für das Ausführungsbeispiel der österreichischen Patentschrift Nr. 8364. Das System gehört dem seit der Erfindung des Planars in verschiedenen Werkstätten (Busch, Ross u. A.) bearbeiteten Typus symmetrischer Objektive an, dessen Hälften aus dem Gaußschen Fernrohr-Objektiv heraus entwickelt worden sind. Es unterscheidet sich von den anderen Vertretern dieser Gruppe dadurch, daß seine vier Linsen aus alten Glasarten bestehen.

Zu Nr. 36: Diese Kurve ist nach den Konstruktionselementen berechnet, die A. Gleichen[1]) 1902 auf Grund von Mitteilungen der Firma C. P. Goerz veröffentlicht. An der zitierten Stelle sind umfangreiche trigonometrische Durchrechnungen durch das Objektiv zur Feststellung der sphärischen und astigmatischen Aberrationen mitgeteilt worden. Die relative Öffnung des Systems ist 1:6,8, während das Beispiel der Patentbeschreibung, für das die Kurve Nr. 41 gilt, nur die Öffnung 1 : 8 besitzt.

Zu Nr. 37: Die zugrunde liegenden Konstruktionselemente sind ebenfalls 1902 von A. Gleichen[2]) auf Grund von Mitteilungen R. Steinheils veröffentlicht worden. Die relative Öffnung des Objektivs ist 1 : 6,8, während sie bei dem von M. v. Rohr besprochenen Patentbeispiel (Verzeichnungskurve Nr. 30) 1 : 6,0 beträgt.

Zu Nr. 39: Das Ortho-Protar 1 : 7,5 (Fig. 8) ist im Jahre 1902 in der Firma C. Zeiß mit dem Ziel einer besonders guten Korrektion der Verzeichnung konstruiert worden, und zwar auf Wunsch von C. Pulfrich, der es als lichtstarkes System für stereophotogrammetrische Zwecke benutzen wollte. Es wurde jedoch nur in einem Exemplar ausgeführt, da den beabsichtigten Zweck die Tessare 1 : 6,8 erfüllten, deren reguläre Fabrikation bald darauf begann. In seinem Bau lehnt sich das Ortho-Protar, bei verbesserter sphärischer Korrektion, eng an das Ausführungsbeispiel der amerikanischen Patentschrift Nr. 539370 von H. H. Turner und J. C. Reich an, das seinerseits wieder eine enge Anlehnung an das Doppelprotar P. Rudolphs [von Rohr Nr. 141] aufweist.

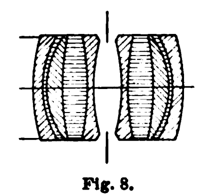


Fig. 8.

P. Rudolph: Ortho-Protar 1 : 7,5.
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reduziert auf $f_D = 100$ *mm*.

Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

Radien	Dicken, Entfernungen	Glasarten n_D
$r_1 = r_{12} = 24{,}0$	$d_1 = d_{10} = 1{,}3$	$L_1 = L_{10} = 1{,}523\,52$
$r_2 = r_{11} = 13{,}2$	$d_2 = d_9 = 0{,}5$	$L_2 = L_9 = 1{,}613\,00$
$r_3 = r_{10} = 11{,}2$	$d_3 = d_8 = 2{,}0$	$L_3 = L_8 = 1{,}517\,48$
$r_4 = r_9 = 33{,}7$	$d_4 = d_7 = 3{,}3$	$L_4 = L_7 = 1{,}613\,00$
$r_5 = r_8 = 33{,}8$	$d_5 = d_6 = 0{,}7$	$L_5 = L_6 = 1{,}523\,52$
$r_6 = r_7 = 23{,}8$	$b_1 = b_2 = 1{,}9$	

Hierzu Kurve Nr. 39.

Zu Nr. 52: Das zugrunde liegende Weitwinkel-Objektiv besitzt eine geradezu ideale anastigmatische Bildebenung für sehr große Winkel. Die sphärischen Aberrationen des Systems sind außerordentlich groß; auch ist es chromatisch nicht korrigiert, sodaß es nur mit kleinen Blendenöffnungen, nach Katalogangaben der Firma C. P. Goerz von der relativen Öffnung 1:31 an, benutzt werden kann.

Zu Nr. 55: Die Kurve gilt für den Anastigmaten 1:18, der seit einer längeren Reihe von Jahren von der Firma C. Zeiß als Serie V ausgeführt wird. Einen Durchschnitt durch die Linsen zeigt Fig. 9.

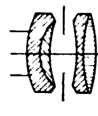


Fig. 9.

P. Rudolph: Anastigmat 1 : 18.
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reduziert auf $f_D = 100$ *mm*.

Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

Radien	Dicken, Entfernungen	Glasarten n_D
$r_1 = 24{,}0$	$d_1 = 3{,}4$	$L_1 = 1{,}567\,98$
$r_2 = 11{,}2$	$d_2 = 2{,}7$	$L_2 = 1{,}516\,98$
$r_3 = 25{,}8$	$b_1 = b_2 = 3{,}5$	$L_3 = 1{,}516\,60$
$r_4 = 36{,}7$	$d_3 = 1{,}8$	$L_4 = 1{,}591\,44$
$r_5 = 35{,}2$	$d_4 = 3{,}2$	
$r_6 = 37{,}6$		

Hierzu Kurve Nr. 55.

Zu Nr. 58: Das zugehörige System wird hier nebst den Konstruktionsdaten in der umstehenden Fig. 10 wiedergegeben, weil *The British Journal of Photography*. in dem es M. von Rohr veröffentlicht hat, den deutschen Lesern im allgemeinen schwer zugänglich sein dürfte.

[1]) *A. a. O. S. 494.*
[2]) *A. a. O. S. 493.*

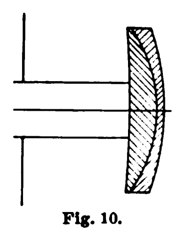


Fig. 10.

Thomas Grubb: *Aplanatic lens* 1:14,1.
Quelle: M. v. Rohr, *The Brit. Journ. of Photogr.* *48. S. 294. 1901.*
Reduziert auf f_D = 100 *mm.*

Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

r_1 = 125,4	b = 13,9	Glasarten n_D
r_2 = 18,3	d_1 = 3,6	L_1 = 1,5155
r_3 = 31,5	d_2 = 1,0	L_2 = 1,6250

Hierzu Kurve Nr. 58.

Die Gruppierung der Kurven für die Verzeichnung ist nach demselben Schema vorgenommen worden wie in dem v. Rohrschen Buche für die vier anderen Bildfehler. Nur sind außerdem die Gruppen der Objektive mit Mittelblende noch weiter in unsymmetrische und in symmetrische Objektive getrennt worden. Die Tafeln enthalten demnach die folgenden Gruppen:

I. Porträt-Objektive.

a) Unsymmetrisch, b) Symmetrisch.

Diese Gruppe umfaßt die lichtstärksten Objektive, deren relative Öffnung zwischen den Werten 1:3 und 1:4 liegt. Der Name „Porträt-Objektive" weist nur auf ihr Hauptanwendungsgebiet hin. Sie werden außerdem für einige Spezialzwecke benutzt, wo große Lichtstärke nötig ist, so z. B. für die Kinematographie und für die Projektion von undurchsichtigen Objekten in auffallendem Licht (episkopische Projektion).

II. Universal-Objektive.

a) Unsymmetrisch, b) Symmetrisch.

Unter dem Namen der Universal-Objektive sind die Systeme vereinigt, deren relative Öffnung zwischen den Werten 1:4,5 und 1:12,5 liegt. Da die Lichtstärke der Objektive in erster Linie dem Quadrat der relativen Öffnung proportional ist, verhält sich das Anfangsglied dieser Gruppe zum Endglied in der Lichtstärke fast wie 9:1, während das entsprechende Verhältnis in der Gruppe I nur 1,8:1 wird. Es lag deshalb im Interesse der Übersichtlichkeit, die Kurven für die Universal-Objektive nach der relativen Öffnung der Systeme zu ordnen.

III. Weitwinkel-Objektive.

a) Symmetrisch, b) Unsymmetrisch.

Bei den Systemen dieser Gruppe ist die Lichtstärke noch kleiner, als bei den Systemen der Gruppe II. Die Mehrzahl von ihnen ist mit sehr großen sphärischen Aberrationen behaftet, wodurch die benutzbare Öffnung auf ein geringes Maß beschränkt wird. Zwei (Nr. 49 und 52) sind obendrein chromatisch nicht korrigierbar.

IV. Objektive mit Vorderblende.

Die Objektive dieser Gruppe werden hauptsächlich als „Landschaftslinsen" benutzt. Die zu den Kurven Nr. 61 bis Nr. 64 gehörenden Systeme dienen unter anderm als Komponenten für sogenannte Objektivsätze.

Nach den vorangehenden Erläuterungen reden die Verzeichnungskurven eine genügend klare Sprache. Nur auf einige Punkte soll hier noch ausdrücklich aufmerksam gemacht werden.

Einmal ist es die Erscheinung, daß sich die Verzeichnung für ein und dasselbe System mit dem Abbildungsmaßstabe N um so stärker ändert, je lichtstärker das System ist. Auf der Tafel für die Porträtobjektive breiten sich die Kurven trotz der kleineren Werte von w sehr stark fächerartig aus, bei den Universalobjektiven liegen sie enger an einander, noch enger bei den Weitwinkelobjektiven, wo allerdings nur für die symmetrischen Systeme neben der Kurve für $N = \infty$ auch die Kurve für $N = 1$, d. h. die Abszissenachse, dargestellt ist. Im einzelnen tritt die Erscheinung besonders klar dort zu Tage, wo mehrere Objektive von demselben Typus, aber verschiedener relativer Maximalöffnung dargestellt sind, so bei den Planaren (Nr. 8, 11, 29, 40), bei den Tessaren (Nr. 9, 10, 13, 18), bei den Aplanaten (Nr. 3, 4, 43, 44, 45, 50), bei den beiden Doppelanastigmaten (Nr. 36 u. 41). Nach den obigen theoretischen Überlegungen war diese Erscheinung vorauszusehen; jedoch zeigt sie sich nicht ohne Ausnahme. So ist bei dem Orthostigmaten 1 : 4 (Kurve Nr. 12) die Variation der Verzeichnung mit N sehr gering, und zwar geringer als bei den lichtschwächeren Systemen nach demselben Typus. Auch in den Kurven Nr. 19, 20, 35, 39 erscheint die Variation im Hinblick auf die große relative Öffnung der Systeme auffallend klein. Hier liegt empirisches Material zur Prüfung der oben vom theoretischen Standpunkte aus ausgesprochenen Vermutungen vor. Der Verfasser denkt in einer späteren Arbeit näher auf diese Verhältnisse einzugehen.

Zweitens soll hier noch einmal kurz an der Hand der Beispiele auf den Unterschied der symmetrischen und der unsymmetrischen Objektive hingewiesen werden. Da bei den symmetrischen Objektiven das Tangentenverhältnis der Hauptstrahlen im strengen Sinne konstant ist, können Verzeichnungsfehler nur durch die sphärischen Aberrationen der Hauptstrahlen eingeführt werden. Sie wachsen im allgemeinen mit der relativen Öffnung des Systems, bleiben aber bei den Universalobjektiven in mäßigen, bei den Weitwinkelobjektiven fast durchweg in sehr engen Grenzen, wie die Kurven zeigen. Bei unsymmetrischen Objektiven können durch große Abweichungen von der Tangentenbedingung viel größere Verzeichnungsfehler eingeführt werden als dort, wofür sich auf den Tafeln für die unsymmetrischen Objektive mehrere Beispiele finden. Demgegenüber haben aber die symmetrischen Objektive den Nachteil, daß bei ihnen die günstigste Korrektion der Verzeichnung stets für den in der Praxis seltenen Fall $N = 1$ eintritt, daß für den praktisch wichtigsten Fall $N = \infty$ aber die Verzeichnung gerade am stärksten auftritt; bei den unsymmetrischen Objektiven kann man dagegen, oft unter völliger Wahrung der übrigen Korrektionen, durch Abweichungen von der Tangentenbedingung Verschiebungen des Büschels der Verzeichnungskurven herbeiführen (vgl. die Kurven Nr. 9, 10, 16, 17, 19, 20), sodaß es möglich ist, den Abbildungsmaßstab vorzuschreiben, für den die Verzeichnung am vollkommensten aufgehoben werden soll. So ist z. B. die Orthoskopie für $N = \infty$ in den Fällen von Nr. 2, 10, 13, 17, 18, 19, 23 in höherem Grade erreicht, als bei den meisten symmetrischen Objektiven von entsprechend großer Öffnung. In dem Fall der Kurve Nr. 8 ist die Verzeichnung infolge der Abweichung von der Symmetrie trotz der größeren relativen Öffnung für $N = \infty$ in engeren Grenzen geblieben, als in der verwandten symmetrischen Form von Nr. 11.

Wie sich die in den Kurven dargestellten Verzeichnungsfehler in den verschiedenen Anwendungsfällen äußern, wo Messungen auf die Photogramme gegründet werden, z. B. in der Astronomie, in der Topographie, in der Spektrometrie, diese Frage erfordert je nach dem besonderen Ziele eine besondere Betrachtung; in der Regel wird es nicht auf die absolute Größe der Kurvenordinaten ankommen, sondern auf den Zuwachs dieser

Größe für ein mehr oder weniger großes Winkelintervall Δw. Hier soll nur auf eine Äußerung eingegangen werden, die allgemeines Interesse hat, das ist die Wiedergabe von seitlichen geraden Objektlinien durch gekrümmte Bildlinien. Die Objektfigur in der Einstellungsebene sei ein Quadrat (Fig. 11), dessen Mittelpunkt auf der Objektivachse liegt. Ein Oktant der Bildfigur soll durch Fig. 12 schematisch dargestellt

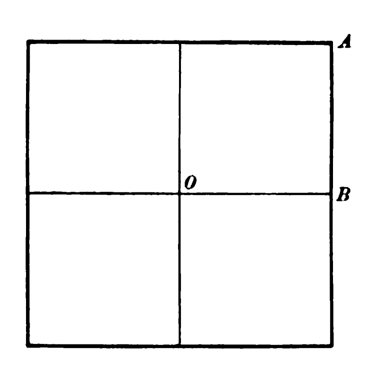


Fig. 11.

Objektquadrat in der Einstellungsebene; der Punkt O liegt auf der Achse des Objektivs.

$OB = \mathfrak{y}_1$; $OA = \mathfrak{y}_2$.

Fig. 12.

A′ Ā′ D 45° O′ B̄′ B′ C

Äußerung der Verzeichnung in der Wiedergabe einer seitlichen geraden Objektlinie durch eine gekrümmte Bildlinie.

$\bar{A}'\bar{B}'$ = korrektes Bild der Geraden AB in Fig. 11,
$A'B'$ = verzeichnetes „ „ „ AB „ „ 11.

$O'\bar{A}' = \bar{\mathfrak{y}}_2'$; $O'A' = \mathfrak{y}_2'$; $O'\bar{B}' = \bar{\mathfrak{y}}_1'$; $O'B' = \mathfrak{y}_1'$; $B'C = k$.

werden. Bezeichnet man mit k die Pfeilhöhe der Randkurve und wie oben mit den Buchstaben $\mathfrak{y}'$ die wirklichen Bildgrößen, mit den Buchstaben $\bar{\mathfrak{y}}'$ die korrekten Bildgrößen, so folgt aus den Beziehungen

$$k = (\mathfrak{y}_2' - \bar{\mathfrak{y}}_2') \cos 45^0 - (\mathfrak{y}_1' - \bar{\mathfrak{y}}_1')$$
$$\mathfrak{y}_1' = \mathfrak{y}_2' \cdot \cos 45^0$$

die Gleichung

$$k = \left(\frac{\mathfrak{y}_2' - \bar{\mathfrak{y}}_2'}{\bar{\mathfrak{y}}_2'} - \frac{\mathfrak{y}_1' - \bar{\mathfrak{y}}_1'}{\bar{\mathfrak{y}}_1'} \right) \bar{\mathfrak{y}}_1' . \qquad 9)$$

Da nun die Ordinaten V der Verzeichnungskurven der Gleichung

$$V = \frac{\mathfrak{y}' - \bar{\mathfrak{y}}'}{\bar{\mathfrak{y}}'}$$

entsprechen, so kann man die Gleichung 9) in der Form schreiben

$$k = \bar{\mathfrak{y}}_1' (V_2 - V_1) = \sim \mathfrak{y}_1' (V_2 - V_1) . \qquad 10)$$

Diese Gleichung besagt, daß die Differenz der beiden Kurvenordinaten die durch die Verzeichnung herbeigeführte Durchbiegung k der Quadratseite direkt in Prozenten ihres Abstands von der Bildmitte angibt. Um die Abszissenwerte w_1 und w_2 für die beiden Kurvenablesungen festzustellen, die der Seitenmitte und der Ecke des Quadrats entsprechen, muß man die aus Fig. 11 folgende Beziehung $\mathfrak{y}_1 = \mathfrak{y}_2 \cdot \cos 45^0$ mit der ersten Gleichung 4) verbinden und erhält für je ein Winkelpaar (w_1, w_2) die Gleichung

$$\operatorname{tg} w_1 = \cos 45^0 \cdot \operatorname{tg} w_2 .$$

Daraus ergaben sich z. B. die Winkelpaare

w_1	5	10	15	20	25°
w_2	7,1	14,0	20,8	27,2	33,4°

Nimmt man, um ein Beispiel zu fixieren, den Fall, daß das Objektquadrat im Unendlichen liegt ($N = \infty$) und daß die Diagonale des Bildquadrats in der Brennebene gleich der Brennweite f des Objektivs ist, so ergibt sich das Winkelpaar $w_2 = 26{,}6^0$, $w_1 = 19{,}5^0$ und der Abstand der Bildquadratseite von der Bildmitte $\mathfrak{y}_1' = 0{,}35 f$. Für $f = 100$ *mm* findet man in diesem Falle z. B. folgende linearen Durchbiegungen k der Quadratseite:

k		Kurve Nr.
+ 0,4 *mm*	bei dem symmetrischen Planar 1 : 4[1]	(Kurve Nr. 11)
+ 0,04 „	„ „ „ Orthostigmat 1 : 4	(„ „ 12)
— $0{,}00_5$ „	„ „ unsymmetrischen Tessar 1 : 4,5	(„ „ 13)
+ 0,42 „	„ „ „ Unar 1 : 6,0 [Patentbeispiel]	(„ „ 16)
+ 0,02 „	„ „ „ Unar 1 : 6,3 [ausgeführt] .	(„ „ 17)
— 0,00 „	„ „ „ Tessar 1 : 6,3	(„ „ 18)
+ 0,2 „	„ „ symmetrischen Busch-Anastigmat 1 : 6,3[1] .	(„ „ 34)
+ 0,00 „	„ „ unsymmetrischen Rapidantiplanet 1 : 6,5 . .	(„ „ 19)
+ 0,03 „	„ „ symmetrischen Doppelanastigmat 1 : 6,8 . .	(„ „ 36)
+ 0,08 „	„ „ „ Orthostigmat 1 : 6,8	(„ „ 37)
+ 0,06 „	„ „ „ Aplanat 1 : 8	(„ „ 44)
— 0,01 „	„ „ „ Aplanat 1 : 10	(„ „ 45)
— 0,6 „	„ der Satzlinse 1 : 12,5 mit Vorderblende	(„ „ 62)

Ist $k < 0$, so nennt man das Quadrat „tonnenförmig“ verzeichnet (Fig. 13), ist $k > 0$, so spricht man von „kissenförmiger“ Verzeichnung (Fig. 14). Diese liegt, mit wenigen Ausnahmen, für den Fall von Verkleinerungen bei den symmetrischen Objektiven vor, und zwar um so stärker bemerkbar, je größer die relative Öffnung der Systeme ist.

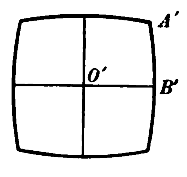


Fig. 13.
„Tonnenförmige“ Wiedergabe eines Objektquadrats.

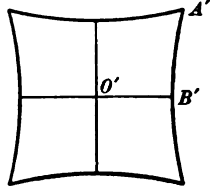


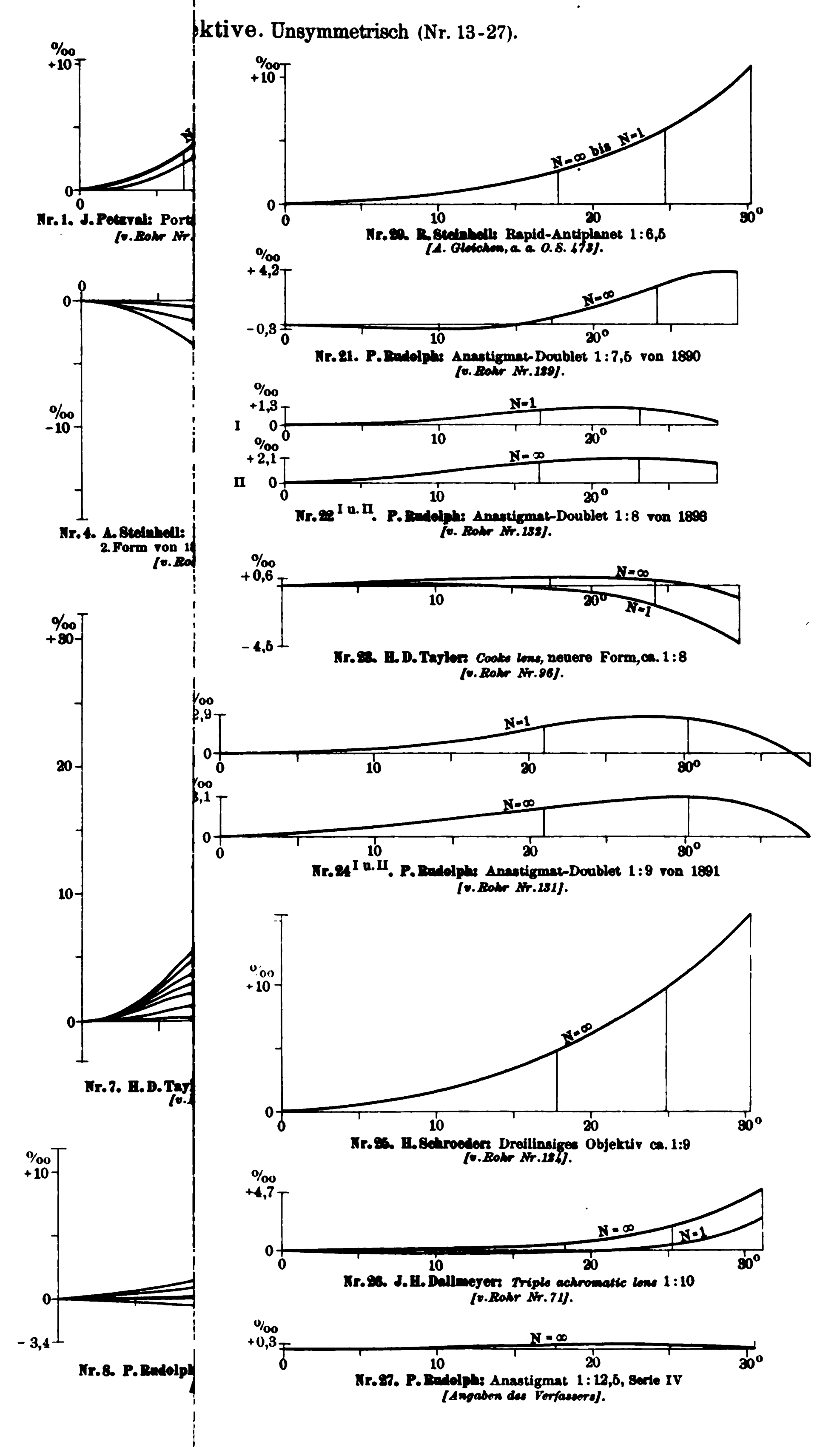
Fig. 14.
„Kissenförmige“ Wiedergabe eines Objektquadrats.

Hat die Verzeichnungskurve innerhalb des benutzten Gesichtsfelds $2w$ ein Maximum, so verzeichnet das Objektiv für kleine Bildgrößen kissenförmig, für größere tonnenförmig; im Falle eines Minimums findet das umgekehrte statt. Bei einer mittleren Größe des Bildquadrats tritt dann der Fall ein, daß die Quadratseite in ihrer Mitte nach innen gekrümmt ist, in der Nähe der Ecken aber nach außen, sodaß Wendepunke auf dem Geradenbild auftreten, wenn nämlich das Minimum der Verzeichnungskurve innerhalb des oben so genannten Winkelintervalls $w_2 - w_1$ liegt, das den Punkten der betreffenden Quadratseite zugeordnet ist.

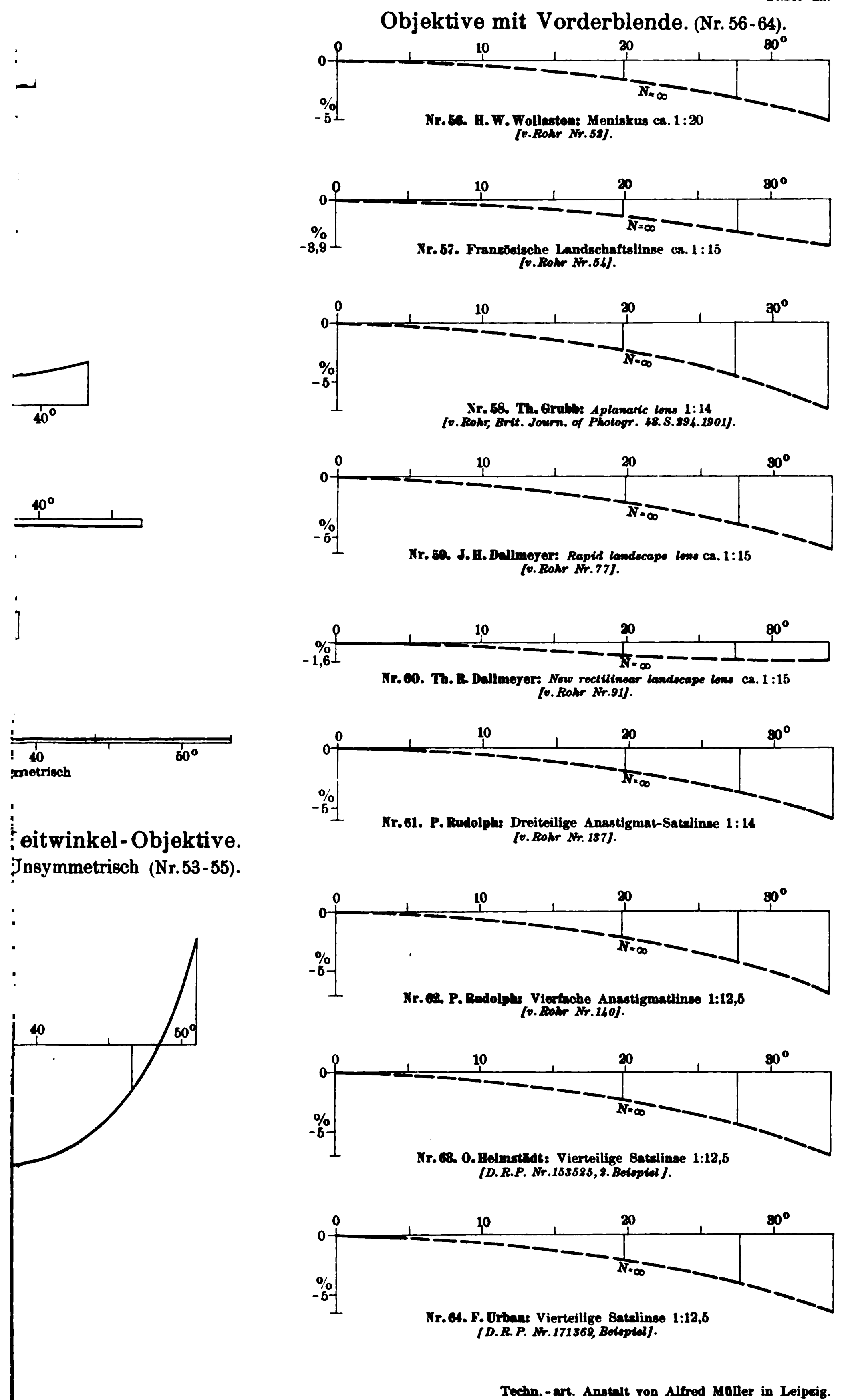
Zusammenfassung des Inhalts.

Der erste Teil (*S. 33—37*) der vorliegenden Arbeit behandelt die Frage der Verzeichnungsfreiheit photographischer Objektive theoretisch. Er enthält im wesentlichen eine kurze Übersicht über frühere Arbeiten, in denen jene Frage vor zehn und mehr Jahren beantwortet worden ist: die Verzeichnung hängt außer von der sogenannten Tangentenbedingung für die Hauptstrahlen noch von der sphärischen Aberration der Hauptstrahlen ab. Infolgedessen kann sie der Konstrukteur — ein bestimmtes Gesichtsfeld vorausgesetzt — nur für einen bestimmten Abbildungsmaß-

[1]) Der Wert von k ist durch Extrapolation bestimmt.



ktive. Unsymmetrisch (Nr. 13-27).
Nr. 1. J. Petzval: Port[...]
[v. Rohr Nr[...]
Nr. 4. A. Steinheil:
2. Form von 1[...]
Nr. 7. H. D. Tay[...]
Nr. 8. P. Rudolp[...]
N=∞ bis N=1
Nr. 20. R. Steinheil: Rapid-Antiplanet 1:6,5
[A. Gleichen, a. a. O. S. 473].
N=∞
Nr. 21. P. Rudolph: Anastigmat-Doublet 1:7,5 von 1890
[v. Rohr Nr. 129].
N=1
N=∞
Nr. 22 I u. II. P. Rudolph: Anastigmat-Doublet 1:8 von 1898
[v. Rohr Nr. 132].
N=∞
N=1
Nr. 23. H. D. Taylor: Cooke lens, neuere Form, ca. 1:8
[v. Rohr Nr. 96].
N=1
N=∞
Nr. 24 I u. II. P. Rudolph: Anastigmat-Doublet 1:9 von 1891
[v. Rohr Nr. 131].
N=∞
Nr. 25. H. Schroeder: Dreilinsiges Objektiv ca. 1:9
[v. Rohr Nr. 124].
N=∞
N=1
Nr. 26. J. H. Dallmeyer: Triple achromatic lens 1:10
[v. Rohr Nr. 71].
N=∞
Nr. 27. P. Rudolph: Anastigmat 1:12,5, Serie IV
[Angaben des Verfassers].


Objektive mit Vorderblende. (Nr. 56-64).
Nr. 56. H. W. Wollaston: Meniskus ca. 1:20
[v. Rohr Nr. 52].
Nr. 57. Französische Landschaftslinse ca. 1:15
[v. Rohr Nr. 54].
Nr. 58. Th. Grubb: Aplanatic lens 1:14
[v. Rohr, Brit. Journ. of Photogr. 48. S. 294. 1901].
Nr. 59. J. H. Dallmeyer: Rapid landscape lens ca. 1:15
[v. Rohr Nr. 77].
Nr. 60. Th. R. Dallmeyer: New rectilinear landscape lens ca. 1:15
[v. Rohr Nr. 91].
Nr. 61. P. Rudolph: Dreiteilige Anastigmat-Satzlinse 1:14
[v. Rohr Nr. 137].
Nr. 62. P. Rudolph: Vierfache Anastigmatlinse 1:12,5
[v. Rohr Nr. 140].
Nr. 63. O. Helmstädt: Vierteilige Satzlinse 1:12,5
[D. R. P. Nr. 153525, 2. Beispiel].
Nr. 64. F. Urban: Vierteilige Satzlinse 1:12,5
[D. R. P. Nr. 171369, Beispiel].
eitwinkel-Objektive.
Unsymmetrisch (Nr. 53-55).
Techn.-art. Anstalt von Alfred Müller in Leipzig.

stab N aufheben, während für andere Werte von N Abweichungen von der Orthoskopie bestehen bleiben, im allgemeinen in um so höherem Grade, je größer die relative Öffnung des Objektivs ist. Im besonderen wird darauf hingewiesen, daß bei den symmetrischen Objektiven, entgegen der landläufigen Ansicht, die Aufhebung der Verzeichnung für den — praktisch wichtigsten — Fall eines fernen Objekts keineswegs von vornherein vorhanden ist, daß sie vielmehr, wenn sie herbeigeführt wird, die Bildschärfe in einem mit der Größe der relativen Öffnung des Objektivs wachsenden Maße beeinträchtigt, während für unsymmetrische Objektive dieser Widerspruch nicht besteht.

Den wesentlichen Inhalt des zweiten Teils (*S. 75—84*) bilden die graphischen Darstellungen des Verzeichnungsfehlers für 64 verschiedene photographische Objektive, für deren Konstruktionsdaten durchweg ausreichende Nachweise gegeben werden. Die Verzeichnungsdarstellungen enthalten eine große Anzahl von Beispielen für die vom theoretischen Standpunkt aus ausgesprochenen Sätze. Insbesondere zeigen für den Fall eines fernen Objekts die meisten lichtstarken symmetrischen Objektive bemerkenswerte Abweichungen von der Orthoskopie, während einige lichtstarke unsymmetrische Objektive sehr vollkommene Orthoskopie aufweisen.

Der Verfasser möchte nicht schließen, ohne Hrn. M. von Rohr für mehrere für diese Arbeit wertvolle Hinweise, sowie dem Rechenbureau der Firma C. Zeiß, ganz besonders Hrn. Lautsch, für die unermüdliche Mitarbeit an der mühevollen Ermittelung der Verzeichnungskurven seinen besten Dank auszusprechen.

Jena, im März 1907.

Referate.

Ein Spiegel von 100 Zoll (254 *cm*) Durchmesser für das Observatorium auf Mount Wilson.

Von G. E. Hale. *Popular Astronomy* **14.** *S. 557. 1906.*

Unaufhörlich schreitet die Vervollkommnung des neuen Observatoriums auf Mount Wilson[1]) vorwärts. Während in der eigenen optischen Werkstatt des Observatoriums die Arbeiten an der Herstellung des 60-zölligen (1,52 *m*) Reflektors ihrer Vollendung entgegen gingen, erhielt die *Carnegie Institution* von Herrn J. D. Hooker in Los Angeles schon wieder eine Stiftung von 45000 Dollar, um für das Observatorium die Beschaffung eines Spiegels von nicht weniger als 2,54 *m* Öffnung und 15,24 *m* Brennweite zu ermöglichen. Muß man die erstmalige Herstellung eines so enormen Reflektors auch als einen Versuch bezeichnen, über dessen Erfolg man vorher kaum etwas Sicheres sagen kann, so ist doch zweifellos dieser Versuch an und für sich schon außerordentlich wertvoll; auch ist ja zu hoffen, daß selbst wenn das Instrument sich vielleicht wegen mangelhafter Bildschärfe nicht zu direkten Himmelsaufnahmen eignen sollte, es doch wegen seiner außerordentlichen Lichtstärke zu gewissen astrophysikalischen Arbeiten, wie z. B. Aufnahme sehr schwacher Sternspektra, mit großem Vorteil zu verwenden sein wird.

Die Schwierigkeiten in der Anfertigung und Benutzung eines so ungewöhnlich großen Spiegels werden selbstverständlich sehr erheblich sein, jedoch hält sie Hale durchaus nicht für unüberwindlich. Was zunächst die Beschaffung eines genügend großen und homogenen Glasblocks anbetrifft, so hat sich die Glasschmelze in St. Gobain, die auch die 20 *cm* dicke Glasplatte für den 1,5 *m*-Spiegel geliefert hat, bereit erklärt, den Guß einer 33 *cm* dicken Platte für den 2,5 *m*-Spiegel zu übernehmen. Es mag bemerkt werden, daß der Glasblock ein Gewicht von etwa 4500 *kg* haben wird.

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 253, 284. 1906.*

Was sodann das parabolische Schleifen des Spiegels anbelangt, so hat hierin Prof. Ritchey, der Leiter der optischen Werkstatt des Observatoriums, durch die Herstellung zahlreicher Spiegel verschiedener Größe eine solche Fertigkeit und Sicherheit erlangt, daß an dem guten Erfolge dieses Teiles der Arbeit nicht zu zweifeln ist. Um die optischen Prüfungen[1]) während der Arbeit an dem großen Spiegel ausführen zu können, muß noch ein sehr vollkommener Planspiegel von 1,37 *m* Öffnung angefertigt werden.

Auch der Bau der Montierung wird, wie Hale glaubt, auf keine besonderen Schwierigkeiten stoßen. Die Montierung für den 1,5 *m*-Spiegel ist von den *Union Iron Works*, die für den Bau von Kriegsschiffen die Einrichtungen zur exakten Ausführung der mächtigsten Eisenkonstruktionen besitzen, zur vollkommensten Zufriedenheit geliefert worden. Die an diesem Instrument gemachten Erfahrungen wird man sich beim Bau der Montierung des 2,5 *m*-Spiegels zunutze machen, sodaß wohl auch diese Aufgabe glücklich gelöst werden dürfte.

Weniger bestimmt läßt es sich voraussehen, wie sich die Beobachtungen mit diesem Riesenspiegel gestalten werden. Zunächst ist es notwendig, den Spiegel vor Verspannungen, die bei Temperaturänderungen eintreten würden, zu schützen. Auch dies wird sich erreichen lassen. In den völlig klaren Nächten der besten Beobachtungszeit ändert sich auf Mount Wilson von 9 Uhr abends an die Temperatur fast gar nicht mehr. Es ist daher nur notwendig, während des Tages den ganzen Innenraum der dicht verschlossenen Kuppel durch eine Kühleinrichtung konstant auf jener Nachttemperatur zu erhalten, wodurch dann jede rasche Temperaturänderung beim nächtlichen Öffnen der Kuppel vermieden wird. Ferner ist es denkbar, daß die Luftunruhe bei der Anwendung einer so großen Teleskopöffnung unerwartete Schwierigkeiten bereitet.

Sollte dieser Versuch gelingen, so wird der Riesenspiegel ein außerordentlich wertvolles Hülfsmittel für viele astrophysikalische Beobachtungen bilden. Es sind hier in erster Linie Spektraluntersuchungen an schwächeren Sternen zu nennen. Gerade die interessanten Spektra des vierten Typus, über welche Hale vor einigen Jahren ausgedehnte Untersuchungen angestellt hat, finden sich nur bei lichtschwachen Sternen und konnten daher bis jetzt nur mit ungenügender Dispersion aufgenommen werden. Doch auch zahlreiche andere Spektra, wie z. B. diejenigen schwacher veränderlicher Sterne zur Zeit ihres Minimums, würden der Beobachtung zugänglich gemacht werden. Sodann sind die Untersuchungen über die Wärmestrahlung der Sterne zu erwähnen, die nur unter Anwendung der mächtigsten Hülfsmittel Aussicht auf Erfolg haben. Ist die Bildschärfe des Spiegels gut, und genügen auch die atmosphärischen Verhältnisse den höchsten Anforderungen, so werden direkte Aufnahmen kleiner Nebelflecke sehr wertvolles, bisher ganz unerreichbares Beobachtungsmaterial ergeben; bei Himmelsaufnahmen wird man noch wesentlich schwächere Sterne als mit allen bisherigen Instrumenten erhalten. *J. H.*

Ungleichheit der Zielschärfe im Gesichtsfelde.

Von König. *Zeitschr. f. Vermess.* **35.** *S. 201. 1906.*

Untersuchungen des Zielfehlers über Fäden, die in verschiedenen Entfernungen vom Mittelpunkt des Gesichtsfelds eines geodätischen Fernrohrs ausgespannt sind, sind für die Topographie besonders mit Rücksicht auf den sog. Reichenbachschen Distanzmesser von Interesse, bei dem die Lattenablesungen an solchen exzentrischen Fäden zu machen sind.

Die Versuche der Assistenten an der Landwirtschaftlichen Hochschule Berlin, Semmler und König, über die hier berichtet wird, sind angestellt mit dem Fernrohr eines Feinnivelliers von Meißner mit der Vergrößerung 43, anfangs mit drei Horizontalfäden versehen, von denen die zwei äußern den Abstand von je 1,1 *mm* vom Mittelfaden hatten (Winkelentfernung vom Mittelfaden = 8,6′); für die zweite Versuchsreihe (s. u.) wurde noch ein zweites Horizontalfadenpaar in je 2,2 *mm* Abstand vom Mittelfaden eingezogen. Als Ziel-

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 221. 1904.*

marken zur Bestimmung der Genauigkeit der Einstellung dienten weiße, mit konzentrischem schwarzen Kreisring umgebene Kreise (Gips); die vertikale Skale dieser Zielmarkenfolge ist in einer horizontalen Holzlatte mit Millimeterteilung verschiebbar (*Zeitschr. f. Vermess.* **26.** *S. 267. 1897*). Die Entfernungen der Skale vom Fernrohr werden so gewählt, daß allemal gleichzeitig zwei Fäden ungefähr auf zwei Kreise eingestellt sind, und die Skale wird dann so lange verschoben, bis der Beobachter die zwei Kreise durch die zwei Fäden halbiert sieht; die Art der Berechnung der mittleren Zielfehler für die einzelnen Fäden ist sehr einfach. Bei der ersten Versuchsreihe mit sieben verschiedenen Entfernungen (12,6; 24,6; 36,6; ... 84,6 *m*) haben sich für die mittleren Einstellfehler am *obern* und *untern* Faden Werte zwischen 0,03 und 0,11 *mm* ergeben (im allgemeinen mit der Entfernung zunehmend); für den Mittel-Faden war bei den Entfernungen 24,6 bis 60,6 *m* der m. Einstellfehler zwischen $0{,}04_5$ und $0{,}05_4$ *mm*, bei den andern Entfernungen aber ergaben sich für ihn imaginäre Werte. Dies gab Veranlassung zur Ausführung einer zweiten Versuchsreihe, bei der auf Konstanz der Beleuchtung gesehen wurde, ferner wurden kleinere Zielkreise verwendet (8 *mm* äußerer Durchmesser des Hartkautschukrings, dessen lichte Öffnung von 3,2 *mm* mit Gips gefüllt ist); es sind 5 Horizontalfäden benutzt worden (s. oben), wobei von den 10 möglichen Fadenkombinationen zu je zweien 6 verwendet sind; endlich sind nur noch die drei Entfernungen 12,6, 24,6 und 36,6 *m* gebraucht. Hier zeigte sich der mittlere Einstellfehler für den Mittelfaden durchaus kleiner als für einen der Seitenfäden; dieses Ergebnis stimmt mit andern Erfahrungen überein (vgl. z. B. *Zeitschr. f. Vermess.* **23.** *S. 647. 1894*). Der Unterschied ist jedoch für die hier vorhandenen Entfernungen der Seitenfäden, für 8,6′ und selbst für 17,2′, unbedeutend; diese Vergrößerung des Einstellfehlers verschwindet jedenfalls auch für die äußersten Fäden vollständig im Vergleich mit dem Schätzungsfehler an einer in *cm* zerlegten Skale. Daß das Lattenstück beim sog. Reichenbachschen Distanzmesser aus den Ablesungen an den Seitenfäden kaum merklich weniger genau bestimmt wird, als bei andern Entfernungsmesser-Konstruktionen, wo nur an einem Mittelfaden abzulesen ist, spricht nach dem Verf. bei der Einfachheit jenes verbreitetsten Distanzmesserprinzips sehr für seine Verwendung.

Die hier besprochenen Beobachtungen verfolgten noch andere Zwecke, besonders den der Ermittlung der Einstellungsschärfe an verschieden geformten Zielmarken (Doppelstriche, sich berührende Kreise u. s. f.), sodann den der Bestimmung der persönlichen Gleichung bei solchen Einstellungen (zwischen den Beobachtern Semmler und König zeigte sich eine beträchtliche persönliche Differenz) u. s. w. Die Beobachtungen sollen jedoch noch ergänzt werden. *Hammer.*

Über die Kompensation von Aneroidbarometern gegen Temperatureinwirkungen.

Von H. Hergesell und E. Kleinschmidt. *Beiträge z. Physik d. freien Atmosphäre* **1.** *S. 108. 1905;* Nachtrag dazu: *ebenda. S. 208.*

Die Luftdruckmessungen, welche bei Aufstiegen von Registrierballons gemacht werden, stellen an die Barometer bisher unbekannte Forderungen, indem Druckdifferenzen von über 700 *mm* einwurfsfrei angegeben werden müssen, wobei Temperaturdifferenzen von etwa 80° vorkommen. Um zu einigermaßen genauen Resultaten zu kommen, genügen die bisherigen Prüfungsmethoden nicht. Die Verfasser haben daher die Frage der Temperaturkompensation theoretisch behandelt; sie haben ferner eine Kompensationsmethode angegeben, welche die bisherigen Fehler auf ein Minimum herabdrückt, und sie haben schließlich Wege gezeigt, um für die einzelne Röhre die Korrektion bei jeder Temperatur und jedem Druck zu bestimmen.

Die Ableitung der Beziehungen zwischen der Formänderung einer mit etwas Luft gefüllten Bourdon-Röhre und den Druckänderungen führt zunächst zu dem Satze, daß eine Röhre durch Luftfüllung nur für einen ganz bestimmten Luftdruck kompensiert werden kann. Durch Veränderung der Füllung kann man diesem Kompensationsdruck von einem bestimmten Grenzwert an beliebig große Werte geben, also ihn z. B. in die Nähe von 760 *mm*

bringen; die weitere Überlegung zeigt jedoch, daß solche für Normaldrucke kompensierte Aneroide viel zu kleine Höhen in größeren Erhebungen geben. Für Ballon-Aneroide ist der Kompensationsdruck so zu wählen, daß er ungefähr der größten Temperaturabweichung gegen unten entspricht, d. h. 150 bis 100 *mm* Druck (10 bis 12 *km* Höhe).

Die Größe der Druckkorrektion für verschiedene Drucke und Temperaturen läßt sich aus den Formeln verhältnismäßig leicht ableiten und auch experimentell bestimmen. Die diesbezüglichen Experimente werden näher geschildert. Nachdem das Hohlvolumen der Röhre und der Innendruck bei der Anfangstemperatur genau bestimmt waren, wurden die Röhren auf einen passenden Bock mit Hebelübertragung, Schreibfeder und berußter Uhrtrommel geschraubt, sodaß leicht ein gegen Wärmeleitung möglichst isoliertes Zinkgefäß so untergesetzt werden konnte, daß die Bourdon-Röhren durch den darin befindlichen warmen oder kalten Alkohol völlig bedeckt wurden. Der ganze Apparat wurde dann unter eine entsprechend große Luftpumpenglocke gebracht, damit der Skalenausschlag auf der Uhrtrommel als Funktion des Druckes bestimmt werden konnte. Die Ausschläge wurden bei zwei möglichst verschiedenen Temperaturen für eine Anzahl von Druckstufen ausgewertet.

In einem Nachtrage bemerken die Verfasser, daß sie die Formel zur Ermittlung der Druckkorrektion noch etwas vereinfacht haben, indem sie die Skalenausschläge durch die entsprechenden Druckwerte ersetzten. Die Prüfung beschränkt sich dann auf die Bestimmung zweier Konstanten durch Eichung bei möglichst verschiedenen Temperaturen. Die eine Konstante ist nur eine Funktion der elastischen Beschaffenheit der Röhre und behält daher ihren Wert stets bei; die zweite Konstante ist auch von der Füllung abhängig, läßt sich aber stets durch eine Temperatureichung bei konstantem Druck neu bestimmen oder kontrollieren.

Die in der Arbeit geschilderte Methode wird durch einige Beispiele erläutert. Diese zeigen indirekt auch den bedeutenden Gewinn an Genauigkeit, den man durch Ermittlung und Anwendung der Barometerkorrektion in der geschilderten Weise erhält. Man kann jetzt für Höhen bis 15000 *m* die Luftdruckregistrierungen mit einer Genauigkeit von etwa 1 % reduzieren, während früher bei der Berechnung Fehler von mehr als 10 % vorgekommen sind. *Sg.*

Selbstzeigendes Vakuum-Meßinstrument.

Von M. v. Pirani. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* ***8.*** *S. 686. 1906.*

Die Größe von Spannung, Strom und Widerstand in einem von einem elektrischen Strom erhitzten Draht hängt von der Wärmeleitung des den Draht umgebenden Gases ab. Da letztere mit abnehmendem Gasdruck kleiner wird, so kann die Messung von Spannung, Strom und Widerstand dazu dienen, den Grad des Vakuums festzustellen (vgl. auch das Referat in *dieser Zeitschr.* ***26.*** *S. 343. 1906*). Legte man z. B. an den Faden einer Tantallampe eine konstante Spannung von 2,04 Volt, so wuchs bei Druckabnahme von 0,065 *mm* Hg auf 0,00002 *mm* Hg der Widerstand des Drahtes von 55,3 Ohm auf 85,7 Ohm, entsprechend einer Temperaturerhöhung von rund 200°.

Für die praktische Anwendung zweckmäßiger ist folgende Anordnung. Der Vakuummeßdraht besteht aus Platin und ist am Gerüst einer Tantallampe ausgespannt. Er bildet einen Zweig einer Wheatstoneschen Brücke, deren drei andere Zweige aus unveränderlichen Widerständen bestehen. Wird in den Hauptzweig eine konstante Batterie gelegt, so besteht zwischen Gasdruck und Galvanometerausschlag eine eindeutige Beziehung. Er ergaben sich z. B. bei einer Wheatstoneschen Brücke von 134 Ohm Widerstand in jedem Zweige, 0,055 Amp. Betriebsstrom und einem direkt zeigenden Galvanometer von der Empfindlichkeit 1 Teilstrich $= 5 \cdot 10^{-5}$ Amp. folgende Resultate:

Druck in *mm* Hg	Galvanometerausschlag in Teilstrichen
0,17	+ 30
0,027	0
0,015	— 8
0,00007	— 24

Will man sich von den Einflüssen von Schwankungen der äußeren Temperatur und der Betriebsspannung einigermaßen frei machen, so kann man einen der konstanten Widerstände durch einen Vakuummeßdraht ersetzen, der in einem *konstant* gehaltenen Vakuum ausgespannt ist; zweckmäßig stellt man sich dafür mehrere Vergleichsmeßdrähte in verschieden hohem Vakuum her. *E. O.*

Arbeiten mit dem Fizeauschen Apparat.

Von K. Scheel. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **9.** *S. 3, 24. 1907.*

Die mitgeteilten Arbeiten bestehen in Versuchen über die Ausdehnung fester Körper, insbesondere von Quarz in Richtung der Hauptachse, Platin, Palladium und Quarzglas bei der Temperatur der flüssigen Luft, sowie der Bestimmung der Brechungsexponenten von Gasen bei Zimmertemperatur und bei der Temperatur der flüssigen Luft.

In *dieser Zeitschr.* **23.** *S. 90. 1903* ist über Versuche berichtet worden, die Ausdehnung eines nach Pulfrichs Vorgang senkrecht zur Achse geschliffenen Ringes aus Bergkristall im Intervall von Zimmertemperatur bis 100° zu bestimmen. Diese Beobachtungen hatten ergeben, daß sich im genannten Intervall die Ausdehnung des Quarzringes darstellen läßt durch die Gleichung

$$l_t = l_0 (1 + 7{,}144 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}008\,15 \cdot 10^{-6} \cdot t^2).$$

Dieser Quarzring bildete den Normalkörper für weitere Messungen, welche im gleichen Intervall in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt an verschiedenen Materialien ausgeführt wurden, und welche nach einer Veröffentlichung in den *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **4.** *S. 33—60. 1904*, bezogen auf die Wasserstoffskale, folgende Ergebnisse hatten:

Platin	$l_t = l_0(1 + 8{,}806 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}001\,95 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$
Palladium	$l_t = l_0(1 + 11{,}612 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}003\,23 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$
Quarzglas Nr. 1	$l_t = l_0(1 + 0{,}322 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}001\,52 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$
Quarzglas Nr. 2	$l_t = l_0(1 + 0{,}322 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}001\,41 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$
Berliner Porzellan	$l_t = l_0(1 + 2{,}721 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}003\,06 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$
Jenaer Borosilikatglas 59^{III}	$l_t = l_0(1 + 5{,}608 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}002\,90 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$

Es ist dann in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 285. 1904* weiter ausgeführt worden, wie es möglich sei, diese oberhalb Zimmertemperatur angestellten Ausdehnungsversuche bis zur Temperatur der flüssigen Luft fortzusetzen; an genannter Stelle ist ein hierzu geeigneter Apparat beschrieben worden, der jetzt auch tatsächlich mit Erfolg für Messungen von Platin, Palladium und Quarzglas relativ zum Quarzring verwendet wurde. Die erhaltenen Resultate sind weiter unten aufgeführt.

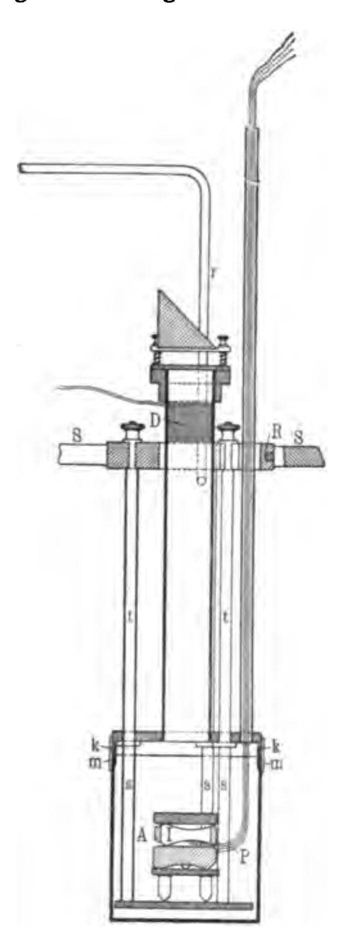
Für die absoluten Messungen am Quarzring erschien jener Apparat indessen nicht geeignet. Es liegt das daran, daß die Korrektion wegen der optischen Veränderung der zwischen den spiegelnden Quarzflächen, der oberen Fläche der Bodenplatte und der unteren Fläche der Deckplatte, gelegenen Luftschicht beim Übergang auf tiefe Temperaturen ungemein groß wird. Bezeichnet man die Höhe des Quarzringes mit h, die Brechungsexponenten des eingeschlossenen Gases in den beiden Zuständen mit n_2 und n_1, so ist für eine Wellenlänge λ die Korrektion in halben Wellenlängen dem absoluten Betrage nach

$$k = \frac{2h}{\lambda}(n_2 - n_1).$$

Diese Korrektion nimmt aber bei Anwendung von Luft im sichtbaren Spektrum Werte zwischen 35 und 60 Interferenz-Streifenbreiten an, während der zu messende Betrag der Ausdehnung 45 bis 70 Streifenbreiten beträgt, durch die Korrektion also nahezu vollkommen verdeckt wird. Wesentlich günstiger gestalteten sich die Versuchsbedingungen zwar, als man die Luft, die sich ja immerhin schon nahe an ihrem Kondensationspunkte befand, durch Zuführung von Wasserstoff aus dem Abkühlungsgefäße gänzlich verdrängte und damit die erwähnte Korrektion nicht nur auf die Hälfte ihres zuvorigen Betrages herabdrückte, sondern

auch erheblich an Sicherheit gewinnen ließ. Völlig zuverlässige Werte für die Ausdehnung des Ringes aus Bergkristall wurden aber erst erreicht, als man das Abkühlungsgefäß derart umgestaltete, daß es auch zu Versuchen im Vakuum brauchbar wurde.

Diese Ausführungsform des Abkühlungsgefäßes ist in der Figur dargestellt; sie ähnelt äußerlich der alten Form und ist wie diese im gleichen Messingring *R* innerhalb des eisernen Dreifußes (*diese Zeitschr.* ***24.*** *S. 285. 1904*) montiert. Anstatt des in der Mitte des Abkühlungsgefäßes aufgesetzten 12 *cm* langen Messingrohres mit folgendem Glasansatz tritt aber hier ein in der ganzen Länge aus Messing bestehendes Rohr, welches oben eine Kappe mit eingedrehten Lagern für die den Apparat abschließende Glasplatte und die Fassung des totalreflektierenden Prismas trägt. Die Glasplatte war mit Siegellack luftdicht eingekittet, und, um das Abspringen der Kittung und das Beschlagen der Glasflächen zufolge der nach oben fortschreitenden Abkühlung des Messingrohres zu verhindern, war auf den oberen Teil dieses Rohres eine Drahtspule *D* aufgewickelt, welche elektrisch so weit erhitzt wurde, daß der Kopf des Apparates dauernd handwarm blieb.



Da es nicht möglich erschien, das Glasumhüllungsrohr des Platinwiderstandsthermometers *P* dauernd luftdicht in das zu seiner Aufnahme dienende Messingrohr einzukitten, wurde ein neues Platinthermometer hergestellt, bei welchem das Umhüllungsrohr fortblieb, und dessen vier isolierte Zuleitungsdrähte frei durch das jetzt wesentlich verengte Messingrohr hindurchgezogen und in dieses luftdicht mit Siegellack eingekittet wurden. Das Röhrchen *r* wurde gleichzeitig an das mittlere Messingrohr versetzt und, da sich ein Hindurchleiten von Gas durch den Apparat erübrigte, das Zuleitungsrohr *B* entfernt. Der Rohrstutzen *r* vermittelte somit allein die Verbindung zur Quecksilberluftpumpe bezw. zum Gasreservoir. Auch die die Plattform tragenden Röhrchen *s* wurden mit den das Abkühlungsgefäß im Ringe *R* haltenden Rohren *t* zu durchgehenden Stücken vereinigt.

Der Widerstandsdraht des Platinthermometers wurde bei dieser neuen Anordnung nicht, wie üblich, auf ein Glimmerkreuz, sondern auf ein Glimmerviereck aufgewickelt, welches nur so hoch war, daß es noch in den Quarzring *I* hineinpaßte und die Mitte für den Strahlengang bezw. für zwischenzustellende Körper bei relativen Messungen freiließ. Dies neue Platinthermometer wurde ebenso wie das bei der ersten Ausführungsform des Abkühlungsgefäßes benutzte wiederholt an ein Normal der Reichsanstalt angeschlossen. Eine Veränderung desselben hat sich bisher nicht ergeben.

Die wesentlichste Veränderung des Abkühlungsgefäßes betraf endlich den Verschluß zwischen der Kappe und dem oberen Boden. Da sich der Schraubverschluß, der bei gewöhnlicher Temperatur luftdicht war, doch beim Übergang auf tiefe Temperatur so weit lockerte, daß langsam flüssige Luft ins Innere des Gefäßes hindurchsickerte, so blieb nur übrig, an seine Stelle eine Lötung treten zu lassen, welche so beschaffen sein mußte, daß sie weder beim Anbringen noch beim Lösen eine Erschütterung des justierten Apparates bedingte, und daß lokale Erwärmungen des Apparates möglichst vermieden wurden. Diesen Forderungen wurde die folgende Anordnung gerecht: Der verdickte Rand der Kappe wurde beseitigt und an den oberen Boden des Abkühlungsgefäßes ein Rand *k* von gleichem Durchmesser der Kappe hart angelötet. War nun der Interferenzapparat fertig justiert, so wurde die Kappe bis zur Berührung gegen den Rand geführt und ringsherum, nach Art des Verschlusses

der Sardinenbüchsen, ein Messingstreifen m gelötet, welcher bei Beendigung der Versuche einfach mit der Zange abgedreht wurde. Um das Auftreten von Säuredämpfen im Innern des Abkühlungsgefäßes infolge der Lötung zu vermeiden, wurde einmal Lötwasser nur in außerordentlich geringen Quantitäten benutzt, ferner aber wurde die Kappe vor der Lötung innen mit einem hohen Rande versehen und der Zwischenraum zwischen diesem Rande und dem bereits an der Kappe angehefteten Verschlußstreifen mit einer Asbestpackung teilweise ausgefüllt.

Ein besonderes Augenmerk mußte man darauf richten, die Anzahl der ganzen durch das Gesichtsfeld gewanderten Streifenintervalle nach der Abbeschen Methode aus der Messung der Bruchteile in mehreren Spektralfarben zu bestimmen, da eine direkte Zählung häufig nicht ausführbar war. Hierfür reichten aber bei dem großen Verschiebungsintervall die Quecksilberlinien allein nicht mehr aus, nachdem man auch auf die Verwendung der Wasserstofflinien wegen ihrer geringen Interferenzfähigkeit bei dem großen Gangunterschied, etwa 50000 Wellenlängen, hatte verzichten müssen. Es wurde darum die seither verwendete Wasserstoff-Spektralröhre durch eine ebensolche mit Helium gefüllte ersetzt, welche, wie früher die Wasserstoffröhre, einen Tropfen Quecksilber enthielt. Durch die gleichzeitige Verwendbarkeit von 8 Helium- und 4 Quecksilberlinien erzielte man auf diese Weise einen für alle Fälle genügenden Linienreichtum.

Wie weit die Messungen in den verschiedenen Spektralfarben übereinstimmende Werte ergaben, möge aus der folgenden kleinen Tabelle als Beispiel entnommen werden.

Ausdehnung des Quarzringes der Reichsanstalt
zwischen $-190{,}02^{0}$ und $+16^{0}$.

Wellenlänge	Ausdehnung		Beob. — Mittel
$\lambda/2$	in $\lambda/2$	in μ	in μ
0,3528	44,311	15,633	+ 0,003
0,3076	50,746	15,609	— 0,021
0,2890	54,053	15,621	— 0,009
0,2730	57,237	15,626	— 0,004
0,2524	61,953	15,637	+ 0,007
0,2508	62,355	15,639	+ 0,009
0,2461	63,527	15,634	+ 0,004
0,2356	66,341	15,630	0,000
0,2179	71,777	15,640	+ 0,010
	Mittel:	15,630	

Die Tabelle enthält in der ersten Spalte die halbe benutzte Wellenlänge, in der zweiten die beobachtete Streifenverschiebung und in der dritten die durch Multiplikation beider sich ergebende Ausdehnung des Quarzringes. Die Zahlen der dritten Spalte sollten für alle Spektralfarben einen konstanten Wert ergeben. Wie weit diese Forderung erfüllt ist, zeigen die Zahlen der letzten Spalte, welche die Abweichung vom Mittel im Sinne: Beobachtung minus Mittel darstellen. Die mittlere Abweichung vom Mittel beträgt 0,007 μ, also, absolut genommen, weniger also ein Hunderttausendstel eines Millimeter, entsprechend etwa $^{1}/_{2}$ Promille der ganzen gemessenen Größe. Dies ist derselbe Betrag, bis auf welchen die einzelnen Messungsreihen als sicher anzunehmen sind; er entspricht einer Temperaturunsicherheit von etwa $\pm 0{,}15^{0}$.

Außer an dem Quarzring der Reichsanstalt sind noch Messungen an einem der Firma C. Zeiß in Jena gehörigen Quarzring von kleineren Abmessungen (Höhe etwa 10 *mm*) sowie relativ zum Quarzring der Reichsanstalt an den schon oberhalb Zimmertemperatur untersuchten Zylindern aus Platin, Palladium und Quarzglas vorgenommen worden.

Die gewonnenen Schlußresultate, teilweise auch diejenigen oberhalb Zimmertemperatur, sind, auf runde Temperaturen und auf die Längeneinheit bezogen, hierunter mitgeteilt.

Ausdehnung in $\mu = 0{,}001$ *mm* pro 1 Meter.

Material		im Intervall		
		-190° bis $+16^\circ$	$+16^\circ$ bis $+56^\circ$	$+16^\circ$ bis $+100^\circ$
Bergkristall in Richtung der Achse	Ring der Reichsanstalt	1074	310	680
	Ring von Zeiß	1070	—	—
Platin		1642	358	759
Palladium		2110	473	1006
Quarzglas, Zylinder Nr. 2		— 41	+ 17	+ 41

Hieraus lassen sich für das ganze Intervall von -190° bis $+100^\circ$ folgende quadratische Formeln ableiten:

Quarz in Richtung der Achse $l_t = l_0(1 + 6{,}946 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}00996 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$

Platin . . . . $l_t = l_0(1 + 8{,}615 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}00370 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$

Palladium . . . . $l_t = l_0(1 + 11{,}303 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}00607 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$

Quarzglas Nr. 2 . . . . . . $l_t = l_0(1 + 0{,}217 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}00288 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$

Verglichen mit den am Eingang dieses Referates mitgeteilten Formeln für das Intervall $+16^\circ$ bis 100° zeigt sich, daß bei Erweiterung des Intervalls nach unten das lineare Glied der Formeln für dasselbe Material kleiner, das quadratische Glied größer wird, was übereinstimmt mit anderweitigen Beobachtungen in höheren Temperaturen, die für das lineare Glied einen noch größeren, für das quadratische Glied einen noch kleineren Wert liefern. Das heißt mit anderen Worten: die Ausdehnungskurve zeigt sich nach unten hin stärker gekrümmt und nimmt nach höherer Temperatur einen mehr und mehr linearen Verlauf an. Da dieses Verhalten für alle hier untersuchten Materialien gilt, so liegt der Schluß nahe, daß es ein allgemeines Gesetz sei. Im übrigen stellt mit Ausnahme von Quarzglas die quadratische Formel alle Beobachtungen im Intervall -190° bis $+100^\circ$ noch nicht mit einer der Beobachtungsgenauigkeit entsprechenden Schärfe dar. Will man die ganze Genauigkeit ausnutzen, so sind zur Wiedergabe der Beobachtungen folgende dreigliedrige Formeln anzuwenden:

Quarz in Richtung der Achse $l_t = l_0(1 + 7{,}085 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}009386 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 - 0{,}00000720 \cdot 10^{-6} \cdot t^3)$

Platin . . . . . . $l_t = l_0(1 + 8{,}749 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}003141 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 - 0{,}00000694 \cdot 10^{-6} \cdot t^3)$

Palladium . . . . $l_t = l_0(1 + 11{,}521 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}005167 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 - 0{,}00001124 \cdot 10^{-6} \cdot t^3)$

Ferner zeigt das Material der beiden Quarzringe nach Ausweis der Tabelle zwischen -190° und $+16^\circ$ in Richtung der optischen Achse eine Ausdehnungsdifferenz von 4 μ pro 1 *m*, d. i. etwa 4 Promille des genannten Betrages. Das Resultat ist ein recht befriedigendes zu nennen, wenn man berücksichtigt, daß das Material der Ringe vielleicht sehr verschiedenen Ursprungs ist und infolge möglicher Zwillingsbildungen im Kristall nicht so einheitlich definiert ist wie etwa ein Metall von höchster Reinheit.

Endlich läßt Quarzglas das auch schon anderweitig beobachtete Verhalten erkennen, daß seine Ausdehnung bei Erwärmung sehr klein ist, obwohl das Material, aus welchem es umgeschmolzen wird, der kristallinische Quarz, in Richtung der Achse seine Länge um mehr als das Zehnfache, senkrecht dazu um mehr als das Zwanzigfache ändert.

Es zeigt sich aber ferner hier das überraschende Resultat, daß sich dies Material bei Erwärmung von -190° auf $+16^\circ$ nicht verlängert wie die übrigen Materialien, sondern pro 1 *m* um 41 μ *verkürzt*. Die Ausdehnungskurve des Quarzglases weist also ein Minimum auf, dessen Lage rechnerisch bei -46° bestimmt werden kann. Ein Stab aus Quarzglas, dessen Länge bei 0° gleich 1 wäre, würde bei dieser Temperatur noch um 10 μ verkürzt erscheinen. (Schluß folgt.) *Schl.*

Über die Abhängigkeit der spezifischen Wärme c_p des Wasserdampfes von Druck und Temperatur.

Von O. Knoblauch und M. Jakob. *Mitt. üb. Forschungsarbeiten auf d. Gebiet d. Ingenieurwesens Heft 35 u. 36. S. 109. 1906.*

Die Versuche beziehen sich auf Drucke von 2 bis 8 *kg/qcm* und auf Temperaturen bis zu 350°. Die von den Verf. angewandte Methode bestand darin, daß einer bekannten Menge verschieden stark überhitzten Wasserdampfes in einem Kalorimeter eine bestimmte elektrische Energie zugeführt und die dadurch bewirkte Temperaturerhöhung des Dampfes gemessen wurde.

Der im Kessel unter bestimmtem Druck erzeugte gesättigte Dampf strömte zunächst durch einige Wasserabscheider und trat dann von oben in den Überhitzer, in dem er auf elektrischem Wege auf die gewünschte Versuchstemperatur gebracht wurde. In dem Überhitzer, einem mit Asbest gegen äußere Wärmeableitung möglichst geschützten Rohr von etwa 20 *cm* Durchmesser und 3 *m* Höhe, waren elektrische Heizkörper angeordnet, die aus tannenbaumähnlichen Gerippen bestanden und aus kupfernen Rohrstücken und Stäben zusammengesetzt waren, über die Röhren aus Jenaer Hartglas gesteckt wurden. Diese Glasröhren waren mit Glashäkchen versehen und mit Nickelinband bewickelt. Die Zuleitungen zu den Heizkörpern, deren jeder 5 Ohm Widerstand besaß, wurden unter Anwendung von Glimmerdichtungen durch die Wandung des Überhitzers geführt. Von den 13 Heizkörpern wurden nur die oberen 8 geheizt; die andern dienten dazu, den Dampf möglichst durchzumischen. Den gleichen Zweck hatten auch einige im unteren Teil des Überhitzers angebrachte Drahtnetze.

Nach Passieren eines weiteren Wasserabscheiders wurde der größte Teil des Dampfes in das Kalorimeter geführt, der Rest gelangte in einen Kondenstopf. Das Kalorimeter konnte bis 370° geheizt werden. Es war mit „Extra-Hecla-Heißdampföl" der Deutschen Vakuum Öl Co. in Hamburg gefüllt, durch das der Dampf in einer Kupferschlange von etwa 5 *m* Länge und 18 *mm* lichter Weite geführt wurde. Die Temperatur des Öls wurde dauernd konstant gehalten, indem ihm auf elektrischem Wege gerade so viel Wärme zugeführt wurde, als der Dampf zu seiner im Kalorimeter erfolgenden Temperaturerhöhung verbrauchte. Es kam also die Kapazität des Kalorimeters gar nicht oder bei kleinen Temperaturänderungen nur als Korrektionsglied in Betracht. Die Heizspule von etwa 17 Ohm Widerstand war aus Nickelinband gewickelt und direkt in das Öl gesteckt. Der Strom wurde dem Netz der städtischen Zentrale entnommen. Die aufgewendete Energie bestimmte man aus der Messung von Stromstärke und Spannung. Den Temperaturausgleich des Kalorimeters besorgte ein elektrisch angetriebener Schraubenrührer. Die Temperatur des ein- und austretenden Dampfes wurde durch Quecksilberthermometer gemessen, die in Metallhülsen steckten. Diese waren mit Heißdampföl gefüllt und ragten achsial in die Dampfrohre hinein. Durch Federmanometer wurde der Druck des Dampfes vor und hinter dem Kalorimeter bestimmt, um die in dem Kalorimeter erfolgende geringe Drosselung des Dampfes berücksichtigen zu können. Die Menge des kondensierten Wassers stellte man durch Wägung fest.

Um den Wärmeverlust des Kalorimeters nach außen zu ermitteln, wurde der Dampf abgestellt und die elektrische Energie gemessen, die das Kalorimeter gerade auf konstanter Temperatur hielt. Hierbei wurde nach Möglichkeit die infolge des abgestellten Dampfes veränderte Wärmeableitung der Dampfrohre berücksichtigt. Die durch den äußeren Wärmeverlust verursachte Korrektion betrug bis zu 70 %, im Mittel 40 bis 50 % der zur Temperaturerhöhung des Wasserdampfes erforderlichen Wärmemenge.

Der Dampf mußte vor Beginn eines Versuches lange Zeit durch den Apparat hindurchströmen, bis der stationäre Zustand erreicht war. Alsdann konnte der eigentliche Versuch beginnen, der etwa 40 Minuten dauerte. Während dieser Zeit wurde die Dampfmenge, die ihr erteilte Temperaturerhöhung und die dazu aufgewendete elektrische Energie beobachtet. Die Dampfmenge betrug 30 bis 60 *kg*/Std., die Temperaturerhöhung etwa 40° C. Für so kleine Temperaturintervalle konnte die spezifische Wärme des Dampfes als konstant angesehen werden. Die Messungen wurden bei vier verschiedenen Drucken, nämlich 2, 4, 6,

8 *kg/qcm* angestellt. Auf jeder der vier Isobaren wurde c_p an etwa 7 Punkten verschiedener Temperatur, die zwischen dem Sättigungspunkt und 350° lagen, gemessen. Die Beobachtungen wurden graphisch ausgeglichen, jedoch so, daß die Lage der einzelnen Isobaren nicht nur durch die ihr zugehörigen Punkte, sondern auch durch die Lage der anderen Isobaren bestimmt wurde.

Aus der graphischen Darstellung ist folgende Tabelle für c_p entnommen:

Druck *kg/qcm*	150	200	250	300	350° C.
2	0,48	0,47	0,47	0,48	0,49
4	0,51	0,49	0,48	0,49	0,50
6	—	0,51	0,49	0,49	0,50
8	—	0,54	0,50	0,49	0,50

Aus den Beobachtungen schließen die Verf., daß die spezifische Wärme c_p bei konstantem Druck mit dem Druck wächst, und daß sie bei steigender Temperatur zunächst abnimmt und nach Durchgang durch ein Minimum wieder steigt. Zur Erklärung hierfür wird angenommen, daß die Attraktionskräfte der Moleküle mit wachsendem Druck und fallender Temperatur zunehmen, und daß andererseits mit wachsender Temperatur, als Vorstufe der Dissoziation, steigende Lockerung des Molekülverbandes auftritt.

Die Verf. extrapolieren für die Zwecke der Technik ihre Versuche und geben unter Vorbehalt eine Tabelle, die die spezifische Wärme c_p des überhitzten Wasserdampfes bis zu 400° und für Drucke von 0 bis 20 *kg/qcm* enthält. *Hng.*

Technische Thermometrie.

Nach dem Preisverzeichnis Nr. 39 der Cambridge Scientific Instrument Co. Ltd., Cambridge, Engl., Juni 1906.

Das Preisverzeichnis enthält die Beschreibung mehrerer Arten von elektrischen und optischen Thermometern und der zugehörigen Hülfsapparate, die von der genannten Firma in den Handel gebracht werden.

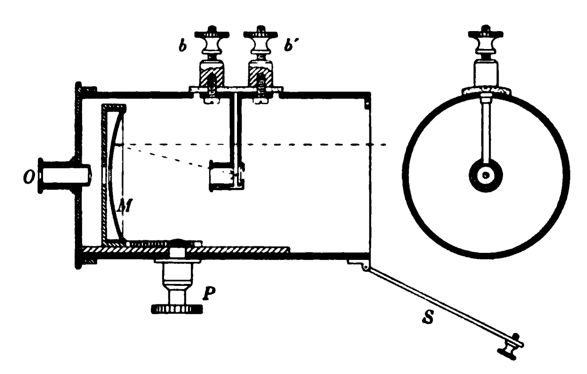
Unter den Thermometern nehmen den breitesten Raum die Platin-Widerstandsthermometer ein, die, wenn man von der etwas schwerfälligen alten Siemensschen Form absieht, in der bekannten von Callendar angegebenen, praktisch äußerst brauchbaren Konstruktion wohl zuerst von der Cambridge Co. ausgeführt und verbreitet wurden. Die verschiedenen in dem Katalog angeführten Typen eignen sich für die mannigfaltigsten Anwendungen sowohl auf industriellem Gebiete wie auch für physikalisch-technische und meteorologische Untersuchungen, je nach der Art der äußeren Montierung, der Wahl der Zuleitungen u. s. w.

Unter den thermoelektrischen Thermometern findet man solche aus Platin-Platiniridium sowie die in Deutschland weit verbreiteten Thermoelemente aus Kupfer-Konstantan und Platin-Platinrhodium (Le Chatelier), ebenfalls in verschiedenen, dem jeweiligen Anwendungszweck und den Temperaturgrenzen entsprechenden Montierungen.

Von den optischen Pyrometern sind nur die beiden von Hrn. Féry konstruierten angegeben, eines, das die Gesamtstrahlung mittels eines Thermoelements (Konstantan-Eisen) (vgl. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 378. 1902*) mißt, das andere, rein photometrische, das auf einem Absorptionsprinzip beruht (vgl. *diese Zeitschr.* **25.** *S. 158. 1905*). Von dem ersteren Instrument wird seit einigen Jahren eine neuere, für technische Zwecke besser geeignete Form in den Handel gebracht, auf die bei dieser Gelegenheit etwas eingegangen werden möge (vgl. auch *La Revue électrique* **5.** *S. 33. 1906*).

Der Apparat besteht jetzt — abgesehen vom Galvanometer, Stativ u. s. w. — aus einem Spiegelteleskop, dessen Hohlspiegel M (s. die Figur) die von dem strahlenden Körper herrührenden Wärmestrahlen auf der im Brennpunkt befindlichen Lötstelle des Thermoelements vereinigt. Das letztere ist aus zwei feinen Bändern von nur 0,2 *mm* Breite und 0,003 *mm* Dicke aus Eisen und Konstantan zusammengesetzt. Der Hohlspiegel (vergoldetes Glas) ist mittels Zahntriebs P

verstellbar; damit man die genaue Einstellung des Objektbilds auf die Lötstelle verfolgen kann, ist der Spiegel durchbohrt, sodaß der Beobachter mittels des Okulars *O*, das nötigenfalls durch ein dunkles rotes Glas bedeckt wird, die Lötstelle und das in zwei kleinen Planspiegeln reflektierte Bild des Objekts erblicken kann; diese sind zwischen Hohlspiegel und Lötstelle, möglichst dicht an der letzteren, angebracht; ihre unter einem Winkel von etwa 3° geneigten Ebenen schneiden sich in einer zur Achse des Instruments vertikalen Geraden. Jeder der Spiegel reflektiert ein Bild einer Hälfte des Objekts, und beide Halbbilder ergänzen sich nur dann zum ganzen Bilde, wenn die Spiegel, und damit auch angenähert die Lötstelle, sich im Brennpunkt des Hohlspiegels *M* befinden. Wenn überdies die Lötstelle, die man durch eine Bohrung der Planspiegel erblicken kann, von dem Bilde des leuchtenden Körpers vollständig bedeckt wird, ist die Temperaturbestimmung unabhängig von der Entfernung des Pyrometers vom anvisierten Körper. Vorn am Pyrometer ist eine Sektoren-Lichtschwächung *S* angebracht, die man herunterklappen kann.



Sehr zahlreich und mannigfaltig sind die zu den beschriebenen Thermometern gehörigen elektrischen Meßinstrumente: Galvanometer, Meßbrücken, Kompensationsapparate u. s. w. Hier interessieren z. Z. vor allem die Registriervorrichtungen, die, wenn gut gebaut, jetzt mehr und mehr auch für wissenschaftliche Zwecke benutzt werden. Außer dem recht komplizierten und teueren Callendarschen Registrierapparat für Widerstandsthermometer (vgl. *diese Zeitschr.* **19.** *S. 322. 1899*) fertigt die Cambridge Co. für thermoelektrische Zwecke noch ein billigeres, „Faden-Schreiber" genanntes Instrument. Seine Registriervorrichtung wird wie bei den analogen Instrumenten von Siemens & Halske (vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 350. 1904*) mittels Fallbügels betätigt, der in gewissen Zeiträumen den Zeiger des Galvanometers niederdrückt. Zwischen dem Zeiger und dem Registrierpapier befindet sich nun bei dem „Faden-Schreiber" ein horizontal gespannter, mit Tinte gesättigter Faden, der, durch den niedergedrückten Zeiger in sehr stumpfem Winkel geknickt, jedesmal eine Marke auf dem Registrierpapier zurückläßt. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß die registrierten Kurven in rechtwinkligen Koordinaten niedergeschrieben werden, aber den Nachteil, daß der Maßstab der Ordinaten (Temperaturen) nach dem Anfang und Ende des Zeigerausschlags sich verzerrt. Überdies entstehen naturgemäß keine scharf gezeichneten Kurven, sondern, wie aus den abgebildeten Proben zu entnehmen ist, etwa ein Millimeter breite Streifen. Für genauere Meßzwecke wäre also das Registrier-Instrument von Siemens & Halske weitaus vorzuziehen.

Die Callendar-Griffithsche Meßbrücke mit Schleifdraht (vgl. *diese Zeitschr.* **16.** *S. 373. 1896*) wird in vier verschiedenen Typen geliefert; bei allen wird jetzt Manganin als Widerstands-Material benutzt, ein entschiedener Fortschritt gegen die früheren Apparate mit Platinsilber und ähnlichen Legierungen mit großem Temperaturkoeffizienten.

Von den angebotenen Hülfsapparaten für thermometrische Zwecke seien Hypsometerkessel, elektrische Öfen, Schwefelsiedeapparate erwähnt. Als Anhang sind einige für den Gebrauch und das Verständnis der Apparate nützliche Notizen theoretischen Inhalts angeführt; sie enthalten Formeln für die Berechnung der Temperatur aus dem Widerstande der Platinthermometer oder aus der elektromotorischen Kraft der Thermoelemente, Schaltskizzen, Bemerkungen über die Strahlungsgesetze, eine von Hrn. J. A. Harker zusammengestellte Tabelle von Schmelz- und Siedepunkten, Literaturangaben u. s. w. Eins ist dem Ref. aufgefallen, nämlich die Tatsache, daß in dem Katalog fast ausschließlich englische und amerikanische Arbeiten aus dem in Rede stehenden Gebiet angeführt werden; so ist z. B.

nicht erwähnt, daß der auf *S. 38* abgebildete elektrische Röhrenofen eine auch in den Einzelheiten übereinstimmende Nachbildung des von der Firma W. C. Heraeus in Hanau zuerst konstruierten und seit Jahren in den Handel gebrachten Ofens ist. Auf *S. 42* ist ein *„Standard“*-Platinthermometer abgebildet und beschrieben, das für das *Bureau of Standards* in Washington konstruiert wurde, wobei aber vergessen ist, zu bemerken, daß es übereinstimmt mit dem in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 52. 1904* beschriebenen und abgebildeten, in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt gebauten Instrument.

Im übrigen sind Ausstattung des Kataloges, Abbildungen und Druck vorzüglich.

Rt.

Neues Registriergalvanometer und seine Anwendung zum Studium von Wechselströmen.

Von A. Blondel und E. Ragonot. *Bull. de la Soc. intern. des Électr.* **6.** *S. 419. 1906.*

Das neue Registriergalvanometer gehört zur Klasse der Spulengalvanometer, besitzt aber eine von der üblichen stark abweichende Gestalt. Das magnetische Feld desselben wird durch einen Elektromagneten erzeugt, dessen Kern E (Fig. 1) durch zwei übereinanderliegende Spulen SS erregt wird. Die Pole des Magneten sind durch zwei zylindrische, konzentrische Eisenstücke p_1 p_2 gebildet. Der innere Zylinder p_2 wird durch

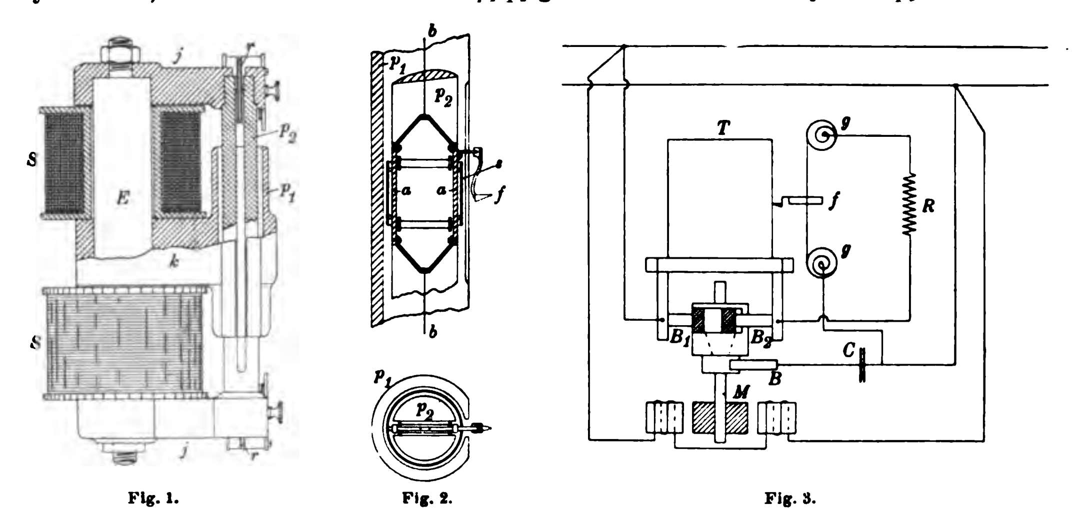


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

zwei jj Joche getragen, die auf die Enden des Kernes E aufgeschraubt sind; den äußeren Zylinder p_1 hält ein Eisenklotz k, der zwischen den magnetisierenden Spulen liegt. Die Stromrichtung in den Spulen ist derart, daß in der Mitte des Kernes ein Folgepol entsteht, und daß dadurch der äußere und innere Zylinder die beiden Pole des Elektromagneten darstellen. In dem ringförmigen, 4 *mm* breiten Luftraum entsteht daher ein radiales Feld, das auf eine Höhe von 16 *cm* nahezu gleichförmig ist.

In diesem Luftraum bewegt sich konzentrisch mit den Polen p_1 und p_2 eine Spule s (Fig. 2), die mit einer zur Zylinderachse senkrechten Windungsebene aufgewickelt ist und durch ein Gerüst a aus Aluminium gehalten wird. Fließt also ein Strom durch die Spule, so wird eine vertikal gerichtete Kraft auf diese ausgeübt. Spule und Zylinder werden getragen durch je ein nach oben und unten zentral geführtes Metallband $b\,b$, das gleichzeitig als Stromzuleitung und -ableitung dient. Oben und unten kann sich das Band b auf je eine Rolle $r\,r$ (Fig. 1) aufwickeln; die Rollen werden durch zwei entgegengesetzt gerichtete Spiralfedern gespannt gehalten. Außerdem trägt das bewegliche System eine Schreibfeder f, die durch einen (auch in Fig. 1 sichtbaren) Längsschlitz in den Polen herausragt. Vermöge dieser Anordnung ist die vertikale Verschiebung der Spule nahezu proportional der zu messenden Stromstärke. Läßt man also die Feder auf eine Registriertrommel mit vertikaler Achse schreiben, so erhält man ein Stromdiagramm in *rechtwinkligen* Koordinaten.

Das Galvanometer kann in ähnlicher Weise, wie es Hospitalier vorgeschlagen hat (vgl. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 166. 1902*), unter Zuhülfenahme eines Joubertschen Kontaktes zur Aufnahme von Wechselstromkurven geeignet gemacht werden. Es hat aber vor dem Apparat von Hospitalier die geradlinigen Koordinaten voraus. In Fig. 3 bedeutet f das Galvanometer samt Schreibfeder, $g\,g$ die die Rollen $r\,r$ (Fig. 1) spannenden Federn, R einen Vorschaltwiderstand, M einen kleinen Synchronmotor; auf dessen Achse sitzt ein Schleifring mit Bürste B und eine Kontaktscheibe, auf der die Bürsten B_1 B_2 schleifen. Aus der Leitungsführung in Fig. 3 erkennt man, daß zuerst der Kondensator C durch die Bürsten $B\,B_1$ geladen und danach durch die Bürsten $B\,B_2$ und das Galvanometer f entladen wird. Die Bürsten B_1 B_2 sind ähnlich wie beim Frankeschen Apparat (vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 11. 1901*) mit der Registriertrommel T gekuppelt. Durch Drehen von T wird die Phase der Kontakte von B_1 B_2 geändert, sodaß f direkt die Kurve aufzeichnet. Das Drehen von T geschieht entweder von Hand oder durch ein Uhrwerk oder durch eine Übertragung vom Synchronmotor. *E. O.*

Die Verwendung von gehärtetem Gußeisen zu permanenten Magneten.

Von A. Campbell. *Phil. Mag.* **12.** *S. 468. 1906.*

Vor einiger Zeit lenkte Peirce (*Proc. Amer. Acad. 1905. S. 701*) die Aufmerksamkeit auf die Herstellung permanenter Magnete aus gehärtetem Gußeisen. Dadurch veranlaßt, untersuchte der Verf. mehrere Stäbe und Ringe aus Gußeisen, die er selbst gehärtet hatte, indem er sie im Gasofen auf 1000° erhitzte und dann rasch in kaltem Wasser abschreckte. Die Stäbe hatten nur eine Länge von 10 *cm* bei 1 *qcm* Querschnitt; bei den Ringen, deren Durchmesser etwa 13 *cm* betrug, war der Querschnitt sehr verschieden gewählt (1 *qcm* und 6 *qcm*), um zu ermitteln, ob die Härtung bei dickeren Objekten ebensogut gelingt als bei dünneren, was bei diesen Dimensionen tatsächlich der Fall war.

Bei den Stäben wurde die Remanenz durch Abziehen einer mit dem ballistischen Galvanometer verbundenen Sekundärspule bestimmt und ebenso die Koerzitivkraft, indem man den Stab so in der Mitte einer langen Magnetisierungsspule befestigte, daß man die Sekundärspule abziehen und wieder aufschieben konnte, ohne den Stab aus seiner Lage zu bringen. Nun verstärkte man einen durch die Spule geschickten entmagnetisierenden Strom so lange, bis beim Abziehen der Spule kein Ausschlag mehr erfolgte; das dann in der Magnetisierungsspule herrschende Feld entspricht der Koerzitivkraft[1]).

Die vier Stäbe ergaben nun eine durchschnittliche Remanenz von 1700 bis 1800 und eine Koerzitivkraft von 49 bis 53, während die Remanenz von Stäben derselben Form aus Magnetstahl 2500 bis 3000 und die Koerzitivkraft 55 bis 73 betrug. Der Unterschied in der Remanenz scheint auf den ersten Blick geringer zu sein, als man vielleicht erwartet hätte, es ist aber dabei zu bedenken, daß durch die kurze, gedrungene Gestalt der Probestäbe gerade Material mit hoher Remanenz besonders ungünstig beeinflußt wird, da dann die entmagnetisierende Wirkung der Stabenden besonders stark zur Geltung kommt. Bei Verwendung von längeren und dünneren Stäben oder von Hufeisenmagneten mit engeren Luftschlitzen würde das Ergebnis für das gehärtete Gußeisen im Vergleich mit Stahl weit weniger günstig ausgefallen sein.

Der Verf. gibt leider nicht die wahre Remanenz an, die er bei den Ringen ermittelte, sondern nur ihre Koerzitivkraft in der Abhängigkeit von der Maximalinduktion sowie die Nullkurve für das ungehärtete und gehärtete Material, Angaben, die im vorliegenden Fall weniger interessieren. So viel scheint indessen aus den Versuchen hervorzugehen, daß man unter Umständen mit Vorteil gehärtetes Gußeisen an Stelle des Stahls zur Fabrikation perma-

[1]) Viel rascher kommt man zum Ziel, wenn man den Stab in einer Magnetisierungsspule vor das Magnetometer stellt und beobachtet, bei welcher Stromstärke der durch die Remanenz hervorgebrachte Magnetometerausschlag verschwindet; natürlich muß dabei die Wirkung der Spule auf das Galvanometer durch eine vom gleichen Strom durchflossene Kompensationsspule aufgehoben werden; vgl. Gumlich und Schmidt, *Elektrotechn. Zeitschr.* **22.** *S. 695. 1901.* — Der Ref.

nenter Magnete wird verwenden können, ebenso wie man ja auch bisweilen zu Polgehäusen u. s. w. aus Billigkeitsgründen Gußeisen statt des Stahlgusses benutzt; in den meisten Fällen aber wird entschieden das Gußeisen mit den Spezialstählen für permanente Magnete, namentlich dem Wolfram- und Molybdänstahl, nicht konkurrieren können. *Glch.*

Neu erschienene Bücher.

P. Drude, Lehrbuch der Optik. 2., erweiterte Aufl. gr. 8°. XVI, 538 S. m. 110 Abbildgn. Leipzig, S. Hirzel 1906. 12 M.; geb. 13 M.

Dies Buch hat in den sechs Jahren seit dem Erscheinen der ersten Auflage eine so weite Verbreitung gefunden, daß es zur Besprechung der den Charakter des Werks unangetastet lassenden zweiten Auflage genügen dürfte, die Abänderungen und Zusätze zu erwähnen. Auch sei auf die Besprechung der ersten Auflage in *dieser Zeitschr.* **22.** *S. 226. 1902* verwiesen. Da die Drucklegung bei dem so jähen Tode des Verf. erst ungefähr zur Hälfte fertig war, haben seine Assistenten sie zu Ende geführt.

Alle Veränderungen zeugen von dem Streben des Autors, sein Buch auf dem Niveau „eines das ganze Gebiet umfassenden, modernen Lehrbuchs" zu halten; sie betreffen dementsprechend fast ausnahmslos neue und neueste Fortschritte der Wissenschaft. Die geometrische Optik blieb hiervon naturgemäß unberührt, auch im ersten Abschnitt der physikalischen Optik (Allgemeine Eigenschaften des Lichts) beschränken sie sich meist auf wenige Zeilen umfassende Zusätze. Dort wurden aufgenommen die Abänderungen des Fresnelschen Spiegelversuchs durch Michelson, Martens und Classen, die neuen Interferenzspektroskope von Perot und Fabry sowie von Lummer und Gehrcke und das Ultramikroskop von Siedentopf und Zsigmondy, endlich ein kurzer Hinweis auf Schwarzschilds Behandlung der Beugung an einem geraden Spalt. Wesentlicher ist schon die Hinzufügung eines neuen Paragraphen über die Zerstreuung des Lichts in trüben Medien. Hier wird in aller Kürze über die einschlägigen Arbeiten von Lord Rayleigh, J. J. Thomson, Planck u. A. referiert. Im zweiten Abschnitt (Optische Eigenschaften der Körper) ist von älterer Literatur Voigts Nachweis des bei der Totalreflexion in das zweite Medium eindringenden Lichts neu berücksichtigt, ebenso in einer längeren Anmerkung Voigts neueste Arbeiten über die konische Refraktion.

Erheblich sind dagegen die Erweiterungen des Kapitels V (Dispersion). Hier sind drei neue Paragraphen eingefügt. Der erste betrifft das Zusatzglied, das man nach Lorentz und Planck zur elektrischen Feldstärke hinzufügen muß, um die einen Dipol erregende Kraft zu finden; der zweite ist der Berechnung der Elektronenkonstanten und dem Zusammenhang zwischen Elektronenzahl und chemischer Valenz gewidmet; der dritte behandelt die Beziehung zwischen Brechungsindex und Dichte. Die Theorie der natürlich aktiven Körper (Kapitel VI) ist um einen Ansatz für den Fall mehrerer Elektronengattungen bereichert, deren Bahnen Schraubenstruktur haben. Bei der Besprechung der magnetischen Drehung der Polarisationsebene ist Siertsemas Bestimmung von e/m neu aufgenommen, die Theorie des Zeemann-Effekts wesentlich weiter ausgeführt, vor allem aber der Gedankengang dargelegt, welcher dazu geführt hat, die Lichtemission den universellen, von der Natur des Körpers unabhängigen, auch in den Kathodenstrahlen auftretenden Elektronen zuzuschreiben. In der Theorie der bewegten Körper ist zwar die ältere Lorentzsche Theorie von 1895 beibehalten, im Schlußwort aber die neue von 1904 sowie die Einsteinsche Abhandlung über diesen Gegenstand erwähnt.

Im dritten Abschnitt (Strahlungstheorie) werden der Berechnung des Wertes der Lichteinheit im absoluten Maßsystem die Messungen von Ångström statt derer von Tumlirz zugrunde gelegt; die Ableitung des Strahlungsdrucks erfolgt im Gegensatz zur ersten Auflage rein elektromagnetisch. Schließlich ist — wie das Vorwort zeigt, legte Drude hierauf

besonderen Wert — Plancks Gedankengang zur Ableitung des Energieverteilungsgesetzes für das Spektrum der schwarzen Strahlung kurz skizziert. Ein wenig gekürzt ist das letzte Kapitel (Luminiszenz). Neu aufgenommen sind hier u. a. Woods Versuche über die Fluoreszenz des Natriumdampfes.

Der Gesamteindruck des Buches geht dahin, daß der so früh dahingeschiedene Verf. in diesem, einen großen Teil der Ergebnisse seiner eigenen Forschungen enthaltenden Werk sich selbst den schönsten Gedenkstein gesetzt hat. *M. Laue.*

Th. W. Wright u. J. F. Hayford, *The adjustment of observations by the method of least squares, with applications to geodetic work.* 2. Aufl. gr. 8°. IX, 298 S. New York, van Nostrand Co. 1906. Geb. 3. Doll.

Wrights in Amerika viel benutztes und auch in Deutschland bekanntes Werk über die Ausgleichung von Messungen nach der Methode der kleinsten Quadratsumme, dessen 1. Aufl. seit einigen Jahren vergriffen war, hat in dieser neuen Auflage unter Mitarbeit des Vorstands der Berechnungsabteilung der *Coast and Geodetic Survey*, John Hayford, ziemlich eingreifende Veränderungen erfahren; es stellt jetzt besonders die bei den Rechenarbeiten der *Survey* üblichen Methoden (Schott, Hayford, Doolittle, Courtenay, Kummel, Baldwin u. A.) mit dar. Es ist in dieser Auflage alles weggelassen, was nicht unmittelbar für die geodätische Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate in Betracht kommt, z. B. die Ausgleichung physikalischer und anderer nicht geodätischer Messungen, Beschreibung von Instrumenten und Messungsmethoden, Formeln die nicht der Ausgleichungsrechnung angehören u. s. w. So erscheint das Buch auf weniger als $^3/_4$ seines früheren Umfangs reduziert.

Die Einteilung geht aus folgenden Kapitelüberschriften hervor: I. Einleitung, in der die Ursachen der Messungsfehler behandelt werden, nämlich das Instrument, die äußeren Umstände, der Beobachter; II. das Fehlergesetz, wobei vom arithmetischen Mittel gleichwertiger direkter Messungen einer Größe als dem zweckmäßigsten Wert ausgegangen wird (der sich erst in Kap. III als der wahrscheinlichste zeigt). Als Genauigkeitsmaß der Beobachtungen und der aus ihnen berechneten Größen wird hier und im ganzen Werk jetzt ausschließlich der *wahrscheinliche* Fehler, nicht der mittlere verwendet ($r = \varrho \sqrt{2} \cdot m = 0{,}6745\, m$ oder wenig über $^2/_3\, m$); anderswo ist bekanntlich umgekehrt der wahrscheinliche Fehler zugunsten des mittleren mehr und mehr verlassen worden. Man sollte wenigstens den ganz unzweckmäßigen Namen *wahrscheinlicher* Fehler durch einen bessern ersetzen; als solcher kann der von de Morgan vorgeschlagene Ausdruck *kritischer Fehler* gelten. Kap. III behandelt die Ausgleichung direkter Beobachtungen einer zu bestimmenden Unbekannten; am Schluß des Kapitels sind die Kriterien für den Ausschluß von Beobachtungen angegeben, wobei die Regel aufgestellt wird: Verwirf eine Messung, deren Abweichung den 5-fachen wahrscheinlichen Fehler einer der Messungen überschreitet; prüfe ferner jede Beobachtung, deren Abweichung das $3^1/_2$-fache des w. F. einer Messung erreicht, und schließe sie aus, wenn die notierten äußeren Umstände jener Beobachtung dafür sprechen. Diese einfache Regel ist freilich nicht weniger unbefriedigend als die „Ausschluß-Kriterien" von Peirce-Gould, Chauvenet, Stone u. A. Im IV. Kapitel, Ausgleichung vermittelnder Beobachtungen zu bestimmender Unbekannten (wobei in den *Seiten-Überschriften* des ganzen Kapitels, *S. 93 bis 147*, aus Versehen nur von *einer* Unbekannten die Rede ist), wird bei der Auflösung der Normalgleichungen berichtet, daß (1904) in der *Coast and Geodetic Survey* besonders mit *Rechenmaschinen* (und zwar nicht amerikanischen, sondern deutschen, Burkhardt und Brunsviga) und mit dem Thacherschen Rechenschieber gerechnet wird; mit den Crelleschen Multiplikationstafeln könne ebenso große Schnelligkeit erreicht werden wie mit den Maschinen, wenn die Zahlen der Fehler- und Normalgleichungen keine Interpolation verlangen. Kap. V gibt die Ausgleichung direkter bedingter Beobachtungen, VI die Anwendung auf ein Triangulationsnetz mit Winkelmessungen, VII mit Richtungsmessungen, VIII die Ausgleichung von Grundlinienmessungen und von Nivellierungen, IX die Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate auf die Wahl der Beobachtungsmethoden; endlich sind in

einem Anhang drei Tabellen zusammengestellt, Tab. I. für die Werte von $\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^{\frac{a}{r}} e^{-t^2}\cdot dt$ (aber nur kurz, für $a/r = 0{,}0$ bis 5,0 mit dem Intervall 0,1, nur 3-stellig), Tab. II. und III. für die Koeffizienten der Besselschen Formel (mit Benutzung von $[v^2]$) und der Petersschen Formel (mit Zugrundelegung von [absol. v]) zur Berechnung der wahrscheinlichen Fehler bei $n = 2$ bis $n = 100$ Beobachtungen.

Von den letzten Kapiteln des Buches werden auch bei uns besonders VII und IX Interesse finden, die von Hayford allein bearbeitet sind. In IX wird speziell die Polhöhenbestimmung mit dem Zenitteleskop behandelt: es werden 15 Elementarfehlerquellen aufgezählt, und es wird die zweckmäßigste Verteilung der Messungen auf die Sternpaare und auf die Beobachtungsnächte unter gegebenen Bedingungen untersucht. Als weiteres Beispiel der Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate auf die Wahl der Beobachtungsmethode dient die telegraphische Ermittelung von geographischen Längenunterschieden; ferner ist jede der fünf Arten, die (*S. 277 u. 278*) zur Entdeckung konstanter und systematischer Fehler und ihrer Abscheidung von den zufälligen Messungsfehlern angegeben werden, am Schluß dieses Kapitels (*S. 286 bis 290*) kurz durch Beispiele belegt. *Hammer.*

W. Watson, *Textbook of practical Physics.* 8°. 642 S. m. Fig. London. Geb. in Leinw. 9,50 M.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. 8°. Leipzig, W. Engelmann.

152. Th. v. Grotthuss, Abhandlgn. üb. Elektrizität u. Licht. Hrsg. v. R. Luther u. A. v. Oettingen. 199 S. m. e. Bildnis u. 5 Fig. 1906. Kart. 3 M. — 156. C. G. J. Jacobi, Neue Methode zur Integration partieller Differentialgleichgn. erster Ordnung zwischen irgend e. Anzahl v. Veränderlichen. Hrsg. v. G. Kowalewski. 228 S. 1906. Kart. 4 M. — 157. A. Toepler, Beobachtungen nach e. neuen optischen Methode. Ein Beitrag zur Experimentalphysik. Hrsg. v. A. Witting. 62 S. m. e. Bildnis v. Toepler u. 4 Taf. 1906. Kart. 1,50 M. — 158. A. Toepler, Beobachtungen nach d. Schlierenmethode. Hrsg. v. A. Witting. 103 S. m. 4 Taf. u. 1 Textfig. 1906. Kart. 3 M.

E. Rutherford, Die Radioaktivität. Unter Mitwirkg. des Verf. ergänzte autorisierte deutsche Ausg. v. Prof. Dr. E. Aschkinass. gr. 8°. X, 597 S. m. Fig. Berlin, J. Springer 1907. 16 M.; geb. in Halbldr. 18,50 M.

B. G. Teubners Sammlung von Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendungen. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

XXIV. A. E. H. Love, Lehrbuch der Elastizität. Deutsch unter Mitwirkung des Verfassers besorgt von Dr. A. Timpe. XVI, 664 S. m. 75 Abbildgn. im Text. 1907. Geb. in Leinw. 16 M.

K. Strecker, Hülfsbuch für die Elektrotechnik. Unter Mitwirkung namhafter Fachgenossen bearb. u. hrsg. 7., umgearb. u. verm. Aufl. 8°. XII, 966 u. 57 S. m. 675 Fig. Berlin, J. Springer 1907. Geb. in Leinw. 14 M.

F. Wittenbauer, Aufgaben aus der technischen Mechanik. I. Bd. Allgemeiner Teil. 770 Aufgaben nebst Lösungen. 8°. X, 289 S. m. Fig. Berlin, J. Springer 1907. 5 M.; geb. in Leinw. 5,80 M.

H. v. Helmholtz, Vorlesungen über theoretische Physik. Hrsg. v. Arth. König, Otto Krigar-Menzel, Max Laue, Frz. Richarz, Carl Runge. IV. Bd. Vorlesungen über Elektrodynamik u. Theorie des Magnetismus. Hrsg. v. Otto Krigar-Menzel u. Max Laue. Lex. 8°. X, 406 S. m. 30 Fig. Leipzig, J. A. Barth 1907. 16 M.; geb. in Leinw. 17,50 M.

Das jetzt vollständige Werk, 6 Bände (Bd. I in 2 Abteilgn.). 1897—1907. 58 u. 390, 255, 270, 406, 382 u. 431 S. m. Bildnis. 88 M.; geb. in Leinw. 98,50 M.

S. P. Thompson, *Manufacture of Light.* 8°. 74 S. London 1907. Geb. in Leinw. 1,20 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **S. Czapski.**

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVII. Jahrgang. **April 1907.** Viertes Heft.

Zur Bestimmung der Korrektion des herausragenden Fadens von Quecksilberthermometern mit Hülfe des Fadenthermometers.

Von

Dr.-Ing. **Julius Adam** in München.

Bei genauen Temperaturmessungen mittels Quecksilberthermometer spielt bekanntlich die Korrektion des herausragenden Fadens eine wesentliche Rolle. Nun hat bereits in dieser Zeitschrift Ch. Ed. Guillaume[1]) eine praktische Lösung dieses Problems mit Hülfe eines Korrektionsrohres gebracht, und später sind sowohl A. Mahlke[2]) als auch Guillaume[3]) auf diese Frage wieder eingegangen.

Trotzdem hat sich das in diesen Arbeiten besprochene, zur Ermittelung der Fadenkorrektion so bequeme Hülfsinstrument, das sog. Fadenthermometer, in der Praxis und auch in den Versuchslaboratorien noch merkwürdig wenig eingeführt, sodaß ich mir erlauben möchte, an dieser Stelle dieses Thema noch einmal kurz zu behandeln. Dies dürfte um so mehr begründet sein, als sich in die Formel, die Mahlke[4]) für die Fadenkorrektion ableitet, ein Fehler eingeschlichen hat, der meines Wissens eine Richtigstellung noch nicht erfahren hat. Allerdings bringt Guillaume[5]) eine richtige Formel, jedoch ohne darauf hinzuweisen, daß dieselbe mit der von Mahlke gegebenen nicht übereinstimmt, während ein direkter Vergleich der beiden Formeln infolge der Einführung verschiedener Größen erschwert ist.

Um nun die Einführung des Fadenthermometers in die Praxis möglichst zu erleichtern, will ich nach einer Ableitung der Formel für die Korrektion des herausragenden Fadens noch kurz auf das Prinzip des Fadenthermometers eingehen, um zum Schluß noch einen Vorschlag zur bequemeren richtigen Anwendung desselben zu machen.

Denken wir uns ein Quecksilberthermometer in ein Temperaturbad von der zu messenden Temperatur T^0 nicht vollständig eintauchend, so werden wir an dem Thermometer im allgemeinen nicht die Temperatur T, sondern eine davon verschiedene Temperatur T' ablesen. Die durch die Temperatur des herausragenden Fadens, welche längs desselben von der Temperatur des Bades bis zu der Temperatur des oberen Endes des Quecksilberfadens übergeht, bedingte Korrektion der Thermometerablesung wird also

$$c = T - T' \qquad 1)$$

---

1) *Diese Zeitschr.* **12.** *S. 69. 1892.*

2) *Diese Zeitschr.* **13.** *S. 58. 1893.*

3) *Diese Zeitschr.* **13.** *S. 155. 1893.*

4) Mahlke, *a. a. O.* Hr. Dr. Mahlke, dem ich von meiner beabsichtigten Veröffentlichung Mitteilung machte, hat sich mit einer Richtigstellung der von ihm gegebenen Formel einverstanden erklärt.

5) *Diese Zeitschr.* **13.** *S. 155. 1893.*

sein. Den herausragenden Faden können wir uns von einer beliebigen Stelle des Quecksilberfadens, die nur mindestens so tief liegen muß, daß dort sicher schon die Temperatur T herrscht, bis zur oberen Quecksilberkuppe des Thermometers gemessen denken. Dieser Faden hat eine in Graden des Thermometers gemessene Länge r_t, die ebenso groß ist, als wenn der ganze Faden eine mittlere Temperatur t^0 besäße, deren Bestimmung mit dem erwähnten Fadenthermometer noch besprochen werden soll. Würde nun dieser Faden auf die gleichmäßige Temperatur T^0 des Bades erwärmt, so würde er sich auf eine Länge r_T in Graden des Thermometers ausdehnen, und sein oberes Ende würde ebenso hoch stehen, als wenn das ganze Thermometer in das Temperaturbad von der Temperatur T eintauchen würde.

Es ist also die Korrektion des herausragenden Fadens

$$c = T - T' = r_T - r_t. \qquad 2)$$

Wenn wir nun die Abhängigkeit der Länge r von der Temperatur genau kennen, so ist die Gleichung nach T auflösbar, es kann T berechnet werden. Diese Abhängigkeit ist gegeben durch die Ausdehnung von Quecksilber in Glas. Sie kann mit einer für den vorliegenden Zweck hinreichenden Genauigkeit wiedergegeben werden durch die bekannte lineare Formel

$$r_T = r_0(1 + \alpha_0 T), \qquad 3)$$

in welcher r_0 die Länge des herausragenden Fadens bei 0° C. und α_0 den Ausdehnungskoeffizienten von Quecksilber in Glas bezogen auf 0° C. bedeutet. Dieser ist für die bei wissenschaftlichen Thermometern gebräuchlichen Glassorten genügend bekannt und ist für Jenaer Glas 16^{III} gleich $^1/_{6370}$ und für Jenaer Glas 59^{III} gleich $^1/_{6080}$ zu setzen. Ebenso ist natürlich

$$r_t = r_0(1 + \alpha_0 t), \qquad 4)$$

und wir erhalten

$$c = T - T' = r_0 \alpha_0 (T - t)$$

oder, da $T = T' + c$ ist,

$$c = (T' - t)\frac{r_0}{\frac{1}{\alpha_0} - r_0}. \qquad 5)$$

Diese Formel ist mit der von Guillaume aufgestellten identisch, wenn man $1/\alpha_0$ und r_0 durch die Gradlängen des Hauptthermometers und des Hülfsinstrumentes ersetzt. Ersetzen wir in Gleichung 5) die zunächst noch unbekannte Größe r_0 durch das bekannte r_t mit Hülfe der Gleichung 4), so erhalten wir die Gleichung[1])

$$c = (T' - t)\frac{r_t}{\frac{1}{\alpha_0} + t - r_t}, \qquad 6)$$

in der alle Größen zur Ermittelung von c gegeben sind, wenn wir noch die mittlere Temperatur t des herausragenden Fadens kennen.

Die Bestimmung dieser mittleren Temperatur t kann nun mit Hülfe des oben erwähnten Fadenthermometers durchgeführt werden, das früher bereits vereinzelt, dann wieder von Guillaume angewendet und in einer für den Gebrauch bequemeren Form von Mahlke vorgeschlagen und eingeführt wurde.

Dieses Fadenthermometer besteht in seiner ursprünglichen Form aus einer zum Teil mit Quecksilber gefüllten engen Glasröhre, die möglichst den gleichen Quer-

[1]) Die entsprechende Mahlkesche Formel (*diese Zeitschr.* **14.** *S. 76. 1894*) lautet

$$c = (T' - t)\frac{r}{\frac{1}{\alpha} + T' - r}.$$

schnitt hat wie die Kapillare des zur Temperaturmessung benutzten Hauptthermometers. Das Fadenthermometer wird möglichst nahe neben dem Hauptthermometer in das Temperaturbad gebracht, sodaß die in gleichen Höhen befindlichen Teile der beiden Thermometer die gleiche Temperatur annehmen. Außerdem muß die Quecksilberkuppe des Fadenthermometers mit der des Hauptthermometers in gleiche Höhe gebracht werden. Dann wird sich der Faden des Fadenthermometers genau so wie das entsprechende Fadenstück des Hauptthermometers ausdehnen und dieselbe Länge einnehmen, wie wenn diese Quecksilberfäden in ihrer ganzen Länge auf eine *gleiche* Temperatur t gebracht worden wären. Wenn man daher das Fadenthermometer mit einer Temperaturskale versehen hat, so kann man nunmehr die so definierte mittlere Fadentemperatur an dieser Skale unmittelbar ablesen. Man ist so imstande, die Korrektion des herausragenden Fadens des Hauptthermometers mittels der Formel 6) zu berechnen, wenn man die Länge des herausragenden Fadens r_t, d. h. die gegebene Länge des Quecksilberfadens im Fadenthermometer bei der Temperatur t, ausgedrückt in Graden des Hauptthermometers, einsetzt.

Das aus einem zylindrischen Quecksilberfaden bestehende Fadenthermometer hat den Nachteil, daß die Längenänderungen pro Grad Temperatursteigerung so klein sind, daß die Temperatur des Fadenthermometers mit dem Fernrohr abgelesen werden muß, was in vielen Fällen die Anwendbarkeit dieses Thermometers in Frage stellt, ja unmöglich macht. Nun hat Mahlke[1]) den Vorschlag gemacht, das Fadenthermometer so anzufertigen, daß das zylindrische lange Quecksilbergefäß, das zur Bestimmung der mittleren Temperatur des herausragenden Fadens dient, oben eine ganz feine Verlängerung erfährt, sodaß die Ausdehnung des Quecksilbers und damit die Temperatur genau wie bei dem gewöhnlichen Thermometer auf einer mit freiem Auge noch ablesbaren Skale beobachtet werden kann.

Es muß dann nur dafür gesorgt werden, daß man das Fadenthermometer in dieselbe relative Lage zu dem Hauptthermometer bringt wie das oben beschriebene Fadenthermometer ohne Verengung, d. h. daß man diejenige Stelle des Fadenthermometers in gleiche Höhe mit der Quecksilberkuppe des Hauptthermometers bringt, bis zu der das Quecksilber im Fadenthermometer ansteigen würde, wenn es aus einer kalibrischen Röhre vom Querschnitt des Fadengefäßes bestehen würde. Diese Stelle kann rechnerisch jederzeit festgelegt werden.

Einfacher ist die Sache jedoch, wenn man an dem Fadenthermometer außer seiner Temperaturskale eine kleine Hülfsskale, z. B. von 50^0 zu 50^0, anbringt, welche die Stellen angibt, bis zu denen das Quecksilber bei den entsprechenden Temperaturen steigen würde, wenn das Fadenthermometer, wie die zuerst verwendeten, aus einer einfachen Röhre bestehen würde. Bei der Anwendung eines Fadenthermometers, das aus demselben Glase hergestellt ist wie das Hauptthermometer, das also denselben Ausdehnungskoeffizienten besitzt, kann man dann für alle Temperaturen die Länge r^0 des herausragenden Fadens bei der oben geschilderten Einstellung, die derselbe bei 0^0 haben würde, abmessen; dieselbe ist gleich der Länge des Fadenthermometers von dem unteren Ende des Fadengefäßes bis zu dem Nullpunkt der von mir vorgeschlagenen Hülfsskale, in Graden des Hauptthermometers ausgedrückt. In diesem Falle kann das Korrektionsglied statt aus Formel 6) aus der Formel 5) berechnet werden.

Eine Annäherung liegt in der Anwendung des besprochenen Fadenthermometers mit Verlängerung, indem angenommen wird, daß der Faden in der engen Kapillare

[1]) *Diese Zeitschr.* **13.** *S. 58. 1893.*

genügend genau die gleiche Temperatur hat, welche das entsprechende Fadenstück bei dem zuerst geschilderten Fadenthermometer haben würde; da jedoch diese Fadenstücke in den meisten Fällen sich bereits in Räumen von annähernd der Zimmertemperatur befinden würden, so wird auch der damit begangene Fehler, der eine Korrektion des Korrektionsgliedes darstellt, die zulässige Grenze nicht überschreiten.

Zum Schluß möchte ich noch darauf aufmerksam machen, daß es wegen der Wärmeleitung wünschenswert ist, daß das Fadenthermometer in seiner äußeren Konstruktion dem benutzten Hauptthermometer möglichst nahe kommt; so soll zur Berichtigung einer Temperaturablesung an einem Stabthermometer ein Stab-Fadenthermometer, an einem Einschlußthermometer ein Einschluß-Fadenthermometer von auch annähernd dem gleichen äußeren Durchmesser benutzt werden.

Die Bestimmung der Fadenkorrektion mit Hülfe des Mahlkeschen Fadenthermometers und der oben vorgeschlagenen Hülfsskale ist also noch einmal kurz zusammengefaßt folgende[1]):

Das in nebenstehender Skizze rechts gezeichnete Fadenthermometer wird möglichst nahe neben dem Hauptthermometer in das Temperaturbad gebracht, so zwar, daß derjenige Temperaturpunkt der Hülfsskale mit der oberen Quecksilberkuppe des Hauptthermometers in gleicher Höhe steht, welcher der Temperaturangabe des Fadenthermometers entspricht. Dies ist in der Skizze der 300°-Punkt. Die Länge des herausragenden Fadens, in Graden des Hauptthermometers ausgedrückt, ist $r_t = 505 - 420 = 85°$. Die Ablesung am Hauptthermometer ist $T' = 505°$, die mittlere Temperatur des herausragenden Fadens $t = 300°$. Die Korrektion ist dann nach dem früher Gesagten

$$c = (T' - t) \frac{r_t}{\frac{1}{\alpha_0} + t - r_t} = 205 \cdot \frac{85}{6370 + 300 - 85} = 2{,}65°,$$

wenn $\alpha_0 = {}^1/_{6370}$ der Ausdehnungskoeffizient des Quecksilbers im Glase des Hauptthermometers ist.

Zu beachten ist, daß das untere Ende des Fadenthermometers sicher die zu messende Temperatur T hat, also in das Temperaturbad genügend eintaucht, wobei durch eine Erweiterung im Hauptthermometer, die noch in der Höhe des Fadenthermometers, aber bereits im Temperaturbad sich befindet, ein Fehler nicht bedingt ist, wenn man r_t wieder in Graden der Skale des Hauptthermometers ausdrückt. Es kann also das Fadenthermometer sogar noch angewendet werden, wenn sein unteres Ende bis unter das Quecksilbergefäß des Hauptthermometers sich erstreckt.

Angeregt wurde ich zu der vorstehenden Arbeit auch namentlich durch einen mehrtägigen Aufenthalt an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, wo ich die Bedeutung des Fadenthermometers beim Eichen von Thermometern kennen lernte.

München, 7. März 1907, Laboratorium f. techn. Physik d. Kgl. Techn. Hochschule.

---

[1]) Vgl. auch O. Knoblauch u. M. Jakob, *Mitt. üb. Forschungsarbeiten auf d. Gebiet d. Ingenieurwesens Heft 35 u. 36. S. 133. 1906.* Unter den dort vorliegenden Verhältnissen durfte von der allgemein üblichen Näherungsformel Gebrauch gemacht werden, weil die Werte der Korrektionen selbst nur sehr klein waren.

Über eine graphische Tafel zur schnellen Bestimmung von Sonnenhöhen aus Deklination und Stundenwinkel.

Von
Dr. Wilhelm Schmidt in Wien.

Man ist oft in die Lage versetzt, die Höhe der Sonne in einem gegebenen Zeitpunkte für die Auswertung irgend einer Beobachtung zu benötigen, ohne daß man größere Genauigkeit als etwa $^1/_4{}^0$ verlangen muß. Das Aufsuchen des verlangten Wertes aus Deklination und Stundenwinkel mit Hülfe von Tabellen ist etwas umständlich, abgesehen davon, daß diese letzteren nur für wenige geographische Breiten bequem erreichbar gerechnet vorliegen. Wie in vielen Fällen bieten auch hier graphische Tafeln ein übersichtliches, leicht zu beschaffendes Hülfsmittel. Die Konstruktion einer solchen für die vorliegende Aufgabe soll im folgenden angegeben werden.

Die Tafel soll für eine bestimmte geographische Breite φ konstruiert werden. Sie enthält also als Variable Deklination δ, Stundenwinkel t und die Höhe h des Gestirnes, deren Zusammenhang sich aus der Gleichung

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \qquad 1)$$

ergibt. Man könnte nach dieser Gleichung eine Tafel zeichnen, worin die Abszissen z. B. mit δ wachsen, die Ordinaten mit t, während eine dritte Kurvenschar gegeben ist durch die Verbindungslinien der Punkte, die nach der Gleichung 1) gleiches h ergeben. Hier bekäme man jedoch ein ziemlich unübersichtliches Gewirr von Linien, das ein genaueres, bequemes Ablesen nicht gestattet.

Nun hat man aber in der Methode der fluchtrechten Punkte[1]) ein Mittel, in bestimmten Fällen den oben angeführten Übelstand zu vermeiden und das ganze Verfahren so zu vereinfachen, daß nur noch Ablesungen an Skalen (deren Träger allerdings keine Geraden zu sein brauchen) vorzunehmen sind. Um auch obige Gleichung auf diese Weise auswerten zu können, muß man sie auf eine andere Form bringen, etwa

$$\frac{\sin h}{\sin \varphi \sin \delta} = 1 - \cot \varphi \cot \delta \cos t\,, \qquad 2)$$

oder, anders geschrieben,

$$\begin{vmatrix} 1 & \sin h & 0 \\ 0 & \cos t & 1 \\ -\dfrac{1}{\sin \varphi \sin \delta} & 1 & \cot \varphi \cot \delta \end{vmatrix} = 0\,. \qquad 3)$$

In dieser Determinante stehen in der ersten Zeile bloß Funktionen von h, in der zweiten bloß solche von t, in der dritten solche von δ (φ ist ja für die Tafel konstant). Die Möglichkeit der Darstellung der Gleichung 1) in dieser Form 3) gibt uns die Gewähr, daß auf diesen Fall die Methode der fluchtrechten Punkte überhaupt anwendbar ist. Dividiert man nämlich die in der ersten und zweiten Spalte stehenden Werte durch die in derselben Zeile stehenden der dritten Spalte, so erhält man drei Wertepaare, die sich als rechtwinklige Koordinaten dreier Punkte auffassen lassen. Die Determinanten-Gleichung 3) sagt dann aus, daß diese drei Punkte in einer Geraden liegen. Nun sind diese Punkte selbst nicht fix, sondern abhängig von

[1]) Vgl. Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften. Bd. 1, Tl. 2. Leipzig, B. G. Teubner 1900—1904. S. 1038.

Parametern (für den ersten h, den zweiten t, den dritten δ), sodaß jeder im allgemeinen eine Kurve durchläuft, wenn dieser Parameter sich ändert. Da aber jedem Parameterwert ein bestimmter Kurvenpunkt zugehört, so kann man zu diesem gleich immer jenen hinzuschreiben und erhält so drei Skalen von der Eigenschaft, daß jede durch sie hindurchgelegte Gerade drei Werte für h, t und δ ausschneidet, welche die Gleichung 3) und damit auch 1) befriedigen.

Um Skalen von Unendlichen zu vermeiden und eine bequeme Konstruktion zu ermöglichen, wird man mit Vorteil die Determinante 3) etwas transformieren in

$$\begin{vmatrix} \cos\varphi & \sin h & 1 \\ \frac{1}{\cos\varphi} & \cos t & 1 \\ \frac{\cos\delta + \cos\varphi}{\sin\varphi\sin\delta} & 1 & \frac{1+\cos\varphi\cos\delta}{\sin\varphi\sin\delta} \end{vmatrix} = 0, \qquad 4)$$

woraus man direkt die Gleichungen der drei Skalen (eine für h, ebenso eine für t und eine für δ) erhält:

$$x_1 = \cos\varphi \qquad y_1 = \sin h \qquad 5)$$

$$x_2 = \frac{1}{\cos\varphi} \qquad y_2 = \cos t \qquad 6)$$

$$x_3 = \frac{\cos\delta + \cos\varphi}{1+\cos\varphi\cos\delta} \qquad y_3 = \frac{\sin\varphi\sin\delta}{1+\cos\varphi\cos\delta} \qquad 7)$$

Ein rechtwinkliges Koordinatensystem vorausgesetzt, werden die Skalen für h und t zur Ordinatenachse parallele Geraden mit einfacher sin- bezw. cos-Teilung. Da nach Gleichung 7) $x_3^2 + y_3^2 = 1$ wird, ist die Skale, an der die δ aufgetragen werden, ein Kreis mit dem Mittelpunkt im Koordinaten-Ursprung und mit dem Radius 1. Die etwas kompliziertere Teilung auf diesem wird man nicht für jeden Teilstrich aus 7) berechnen, sondern es läßt sich eine einfache Konstruktion für sie finden.

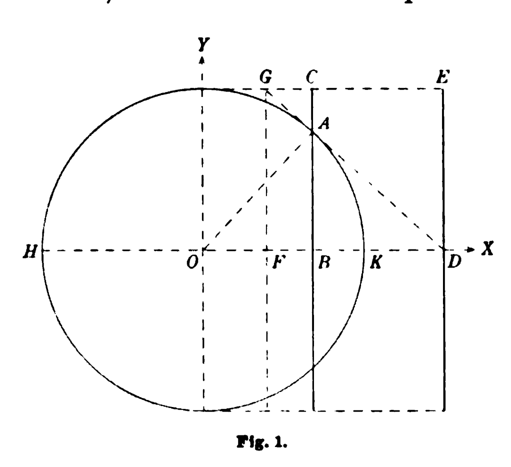


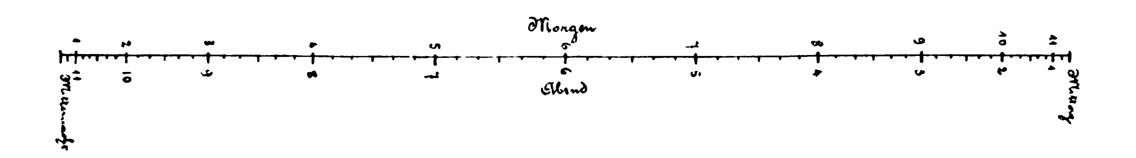
Fig. 1.

Hat man nämlich nach Wahl einer bestimmten Einheit (etwa 10 *cm*) den Kreis gezogen, so trägt man im Ursprung von der positiven X-Achse aus den Winkel φ auf. Der Schnittpunkt des so gewonnenen Radius mit dem Kreis (A in Fig. 1) ist ein Punkt der h-Skale (er wird als zugehörige Kote φ^0 erhalten), die sich natürlich leicht zeichnen läßt (BC). Als Teilung wird arc sin y aufgetragen, sodaß z. B. der Punkt der Skale, dessen Ordinate gleich $1/_2$ ist, die Bezeichnung 30° erhalten wird. C entspricht einer Höhe von 90°. Dann wird in A an den Kreis eine Tangente gezogen, deren Schnittpunkt D mit der X-Achse den Fußpunkt der t-Skale ergibt, die eine cos-Teilung trägt. Für die speziellen Zwecke, für welche die Tafel konstruiert ist, wird es vorteilhaft sein, nicht die Zahlen der Winkelgrade anzuschreiben, sondern gleich die diesen entsprechenden Stunden. Es fehlt nun nur noch die Teilung für die δ auf dem Kreis. Um sie zu erhalten, verlängert man AD nach rückwärts, bis man die Gerade $y = 1$ (CE) trifft. In diesem Punkte errichtet man wieder eine Parallele zur Y-Achse (FG), die auch eine sin-Teilung erhält. Legt man durch irgend einen Punkt dieser Skale, z. B. den einem Winkel von 20° entsprechenden (seine

Deklination

Höhe

Fig. 8.



Ordinate ist gleich sin 20°) und den Punkt D eine Gerade, so erhält man in den Schnittpunkten der letzteren mit dem Kreis die zwei Teilungsstriche, die $\delta = 20^0$ entsprechen werden[1]). Auf diese Weise kann man die Teilung des Kreises durchführen, nur wird sie in der Nähe von $\delta = 90^0$ ziemlich ungenau werden. Um auch dort gut konstruieren zu können, wird man den Satz benutzen, daß die Geraden, welche durch die Teilungspunkte $\delta = 0^0$ und $\delta = 90^0$ oder $\delta = 10^0$ und $\delta = 80^0$, allgemein $\delta = a$ und $\delta = 90^0 - a$ gezogen werden, sich alle in einem Punkte schneiden, der auf der Geraden DE liegt. Da die beiden, $\delta = 0^0$ und $\delta = 90^0$ entsprechenden Punkte gleich gegeben sind (H bezw. A), läßt sich dieser Treffpunkt ohne weiteres finden. Nach durchgeführter Teilung wird die Gerade FG geradeso wie auch die übrigen nur der Konstruktion dienenden (in Fig. 1 gestrichelten) Linien entfernt.

Mit Hülfe dieser Angaben kann man die Tafel in kurzer Zeit anlegen. Der Gebrauch gestaltet sich dann sehr einfach. Man braucht nur eine Gerade durch die drei Skalen hindurchzulegen, so geben die an den Schnittpunkten abgelesenen Zahlen für δ, h und t Werte, welche die Gleichung 1) befriedigen. Sind zwei dieser Werte gegeben, so wird die Verbindungsgerade der ihnen entsprechenden Skalenpunkte die dritte Skale in einem Punkte treffen, dessen Kote den gesuchten Wert gibt.

Wie man hieraus ersieht, läßt sich also ebensowohl Höhe des Gestirns (im speziellen Falle der Sonne) aus bekannter Deklination und Zeit wie auch die Deklination aus Zeit und Höhe oder der Stundenwinkel aus Höhe und Deklination bestimmen.

Man wird auch leicht die kleine Abänderung in der Bezifferung der t-Skale finden, die erforderlich ist, um nach einer zweiten, der Gleichung 1) sehr ähnlich gebauten die Beziehung zwischen Azimut, Deklination und Höhe graphisch auswerten zu können.

Was die praktische Ausführung anlangt, so wird es sich empfehlen, die für die jedesmaligen Wertepaare notwendigen Geraden nicht wirklich auszuziehen, sondern an ihrer Stelle einen gespannten Faden oder eine an der Unterseite eines Zelluloidlineals eingeritzte Linie zu verwenden.

Der beigegebenen Fig. 2 ist eine geographische Breite von $\varphi = 48^1/_4{}^0$ (Wien) zugrunde gelegt. Die t-Skale ist gleich der wahren Sonnenzeit beziffert, links die Vormittags-, rechts die Nachmittagsstunden. Es ist natürlich klar, daß man bei Anwendung des Verfahrens auf Bestimmung von Sonnenhöhen schon die Zeitgleichung berücksichtigen muß, da sonst mitunter Fehler bis zu 3^0 unterlaufen, während sie bei Berücksichtigung dieses Einflusses leicht unter dem Betrag von $^1/_4{}^0$ gehalten werden können.

---

[1]) Zwei Teilungsstriche erhält man wegen der Zweideutigkeit der Aufgabe, aus Höhe und Stundenwinkel die zugehörige Deklination zu bestimmen. Insbesondere entsprechen die Punkte auf dem Bogen AK Ständen des Gestirns nördlich vom Zenit, sodaß man bei Bestimmung von Sonnenhöhen in unseren Breiten kaum in Verlegenheit kommen wird, welchen Teilungsstrich von den beiden gleichbezeichneten man wählen soll. Für den Äquator und Pol und Orte in ihrer Nähe wird man ohnedies eine andere Transformation der Formel vornehmen müssen.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1906[1]).

A. Allgemeines.

Dienstreisen und Beteiligung von Beamten der Reichsanstalt an Versammlungen.

Prof. Leman und Geh. Reg.-Rat Wiebe besuchten vom 4. bis 8. Februar zur Information über die Herstellung der Indikatoren und ihrer Federn die Fabriken von H. Maihak in Hamburg, Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover, Schaeffer & Budenberg, G. m. b. H., in Magdeburg und das mechanische Laboratorium der Technischen Hochschule in Braunschweig, wo eine Besprechung mit Prof. Schöttler über die Prüfung von Indikatoren stattfand.

Am 25. und 26. Juni besichtigten sodann Prof. Leman und Wiebe hydrauliche Druckwagen bei Schaeffer & Budenberg, G. m. b. H., in Magdeburg. Vom 8. bis 14. August revidierte Prof. Wiebe die Prüfungsanstalt für Glasinstrumente in Ilmenau sowie die Prüfungsstelle für ärztliche Thermometer in Gehlberg und nahm in Frauenwald teil an der Hauptversammlung des Deutschen Vereins der Glasinstrumentenfabrikanten. Derselbe war vom 17. bis 22. September in Mailand zum Besuch der Weltausstellung und zur Teilnahme an den Verhandlungen der ordentlichen Hauptversammlung des internationalen Verbandes der Dampfkessel-Überwachungsvereine.

Geh. Reg.-Rat Prof. Mylius wohnte dem 6. internationalen Kongreß für angewandte Chemie in Rom vom 25. April bis 3. Mai bei und besuchte auf der Rückreise die Platinschmelze von W. C. Heraeus in Hanau sowie die Glaswerke von Schott & Gen. in Jena.

Prof. Orlich nahm teil an der Jahresversammlung Deutscher Elektrotechniker in Stuttgart vom 14. bis 27. Mai. Auf der Hin- bezw. Rückreise besichtigte er das physikalische Institut und das Institut für angewandte Elektrizität in Göttingen, die Fabriken von Hartmann & Braun und die Felten & Guilleaume-Lahmeyer-Werke, sowie das Elektrische Prüfamt in Frankfurt a. M., die Maschinen- und Zählerfabrik der Siemens-Schuckert-Werke und die Landesgewerbeausstellung in Nürnberg, die Porzellanfabrik in Hermsdorf und die Porzellanfabrik von Hentschel & Müller in Meuselwitz.

Dr. v. Steinwehr hielt auf der diesjährigen Versammlung der Deutschen Bunsengesellschaft in Dresden (21. und 22. Mai) einen Vortrag „Über den Einfluß der Korngröße auf das Verhalten des Merkurosulfats in Normalelementen“.

Dr. Liebenthal nahm teil an den Verhandlungen des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern in Bremen vom 28. bis 30. Juni;

Prof. Brodhun an denen der internationalen Kommission für einheitliche Methoden der Zuckeruntersuchung in Basel am 3. und 4. August;

Werkstattsvorsteher Franc von Liechtenstein, Prof. Lindeck und Hr. Blaschke an denen des Deutschen Mechanikertages in Nürnberg am 17. und 18. August, der erstgenannte in amtlichem Auftrage;

Dr. Grüneisen an der Naturforscher-Versammlung in Stuttgart (17. bis 20. September). Derselbe hielt dort einen Vortrag „Über das Verhalten des Gußeisens bei kleinen elastischen Dehnungen“. Außerdem wurde dort von Dr. von Baeyer, freiwilligem Mitarbeiter an der Reichsanstalt, über eine von ihm und Dr. Gehrcke gemeinschaftlich ausgeführte Arbeit vorgetragen „Über den Zeeman-Effekt in schwachen Magnetfeldern“. An der Versammlung beteiligte sich außerdem auch Prof. Scheel.

Zwecks Temperaturmessungen an Öfen in praktischen Betrieben besuchte Dr. Rothe am 5. und 6. September die Oestschen Chamottewerke in Wittenberg.

Prof. Feußner hat vom 16. bis 30. September die Elektrischen Prüfämter in Ilmenau, Chemnitz, München, Nürnberg und Frankfurt a. M. besichtigt, ebenso die Elektrizitätszähler-Fabrik Isaria in München und die Siemens-Schuckert-Werke in Nürnberg, und daran einen Besuch der Bayerischen Landesgewerbeausstellung daselbst angeschlossen.

---

[1]) Auszug aus dem dem Kuratorium der Reichsanstalt im März 1907 erstatteten Tätigkeitsbericht.

Vom 11. bis 17. Dezember besichtigte Prof. Feußner die Zählereinrichtungen des Elektrizitätswerks in Hannover, die Elektrischen Prüfämter in Bremen und Hamburg und die Zählerstation der Hamburgischen Elektrizitätswerke.

Der Grundsteinlegung des Deutschen Museums in München vom 11. bis 13. November wohnte in amtlichem Auftrage Geh. Reg.-Rat Direktor Hagen bei. Außerdem nahmen daran teil Prof. Lindeck und der unterzeichnete Präsident.

Der letztere besuchte, um persönlich Fühlung mit der Industrie zu nehmen, die Platinschmelze von Heraeus in Hanau, die Fabriken von Hartmann & Braun und von Felten & Guilleaume-Lahmeyer in Frankfurt a. M., die Siemens-Schuckert-Werke in Nürnberg, die Porzellanfabrik zu Hermsdorf-Klosterlausnitz und die Fabrik von Schaeffer & Budenberg in Magdeburg.

B. Abteilung I.

I. Mechanik und Wärmelehre[1]. *1. Elastizitätskonstanten der Metalle*[2].

Die Versuche zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls E, über die im vorigen Jahre berichtet wurde, sind abgeschlossen. Ihr Ergebnis wird demnächst in den Annalen der Physik ausführlich veröffentlicht[3]). Die Versuche, als Ergänzung zu den Dehnungsmessungen die Querkontraktion der Metallstäbe zu beobachten, haben zur Konstruktion eines Apparats geführt, der Änderungen des Stabdurchmessers um $^1/_{20}$ Lichtwellenlänge (etwa $3 \cdot 10^{-5}$ *mm*) auf 1% anzeigen soll, damit die Querkontraktion unter denselben Deformationsverhältnissen gemessen wird wie die Längsdehnung. Die Versuche sind noch im Gange.

2. Elastische Eigenschaften des Gußeisens[4].

Eine besondere Untersuchung wurde zwei Gußeisenstäben gewidmet, deren elastische Eigenschaften bei starker Dehnung von Hrn. Bach festgestellt sind. Da den hiesigen Dehnungsversuchen etwa 200-mal schwächere Deformationen zugrunde liegen, so werden durch den Vergleich der beiderseitigen Versuche zwei weit auseinander liegende Belastungsgebiete in Beziehung gebracht. Dabei ergibt sich, daß die Änderung des Elastizitätsmoduls ($E = \frac{d\sigma}{d\epsilon}$; σ = Spannung, ϵ = Längsdilatation) mit der Spannung beim Gußeisen als linear angesehen werden kann, daß also eine Formel

$$E = \frac{d\sigma}{d\epsilon} = E_0 - c\,\sigma$$

die Versuche gut darstellt, während z. B. die Schülesche Exponentialformel

$$\epsilon = \alpha\,\sigma^m \qquad (\alpha,\ m \text{ Konstanten})$$

nach kleinen Dehnungen hin völlig versagt (Anh. Nr. 7)[5]).

Die lineare Formel ist auch auf andere Versuche Bachs und J. O. Thompsons an Stahl, Kupfer, Silber, Messing anwendbar.

Aus Versuchen des Hrn. Bach ist bekannt, daß *weißes* Gußeisen einen sehr viel größeren Elastizitätsmodul (z. B. $E_0 = 18000$ *kg/mm*²) besitzt, als *graues* von gleicher Zusammensetzung ($E_0 = 13000$ *kg/mm*²). Dieser Unterschied hängt nicht mit dem Härteunterschied zusammen, sondern dürfte in erster Linie auf die Ausscheidung des Graphit im grauen Gußeisen zurückzuführen sein, bezw. auf die damit Hand in Hand gehende Auflockerung des Gefüges.

Denn Glühen und Abschrecken der beiden erwähnten Gußeisenstäbe verwandelten das graue Eisen in weißbrüchiges und glashartes, also hierin dem weißen Eisen ähnliches Material, dagegen *sank* der Elastizitätsmodul tief unter die Ausgangswerte. Dies würde nach obiger Ansicht daraus zu erklären sein, daß bei solcher Behandlung des grauen Eisens der Graphitgehalt nach Versuchen von Wüst und Geiger eher zu- als abnimmt und das Volumen, wie bekannt, nach jedem Glühen zu wachsen pflegt.

---

[1]) Im folgenden sind die Namen der Beamten, welche die Arbeiten ausgeführt haben, in Anmerkungen zu den einzelnen Nummern des Textes genannt.

[2]) Grüneisen.

[3]) Vgl. auch die Beschreibung des benutzten Apparats in *dieser Zeitschr.* **27.** *S. 38. 1907.*

[4]) Grüneisen.

[5]) Die Hinweise beziehen sich auf das Verzeichnis der Veröffentlichungen am Schluß des Berichts.

Besonders hervorzuheben ist die an einem der Stäbe gemachte Beobachtung, daß der Elastizitätsmodul nach dem Abschrecken innerhalb der ersten Stunden schnell, später langsam zunahm (in den ersten drei Stunden von 6300 bis 7300 kg/mm^2), während gleichzeitig der durch Abschrecken dumpf gewordene Eigenton des Stabes klarer wurde.

3. Elastische Nachwirkung [1].

Seitdem W. Weber im Jahre 1835 die elastische Nachwirkung entdeckte, betrafen die diesbezüglichen Experimentaluntersuchungen hauptsächlich den zeitlichen Verlauf der Erscheinung. Besonders der eingehenden Arbeiten von F. Kohlrausch ist hier zu gedenken. Eine andere Frage ist, wie die Stärke, in welcher das Phänomen auftritt, vom Material abhängt. Zwar haben die Bedürfnisse der Praxis längst zur Auffindung von Materialien von kleiner Nachwirkung geführt. Aber es fehlt noch gänzlich an einer systematischen Bearbeitung der Frage.

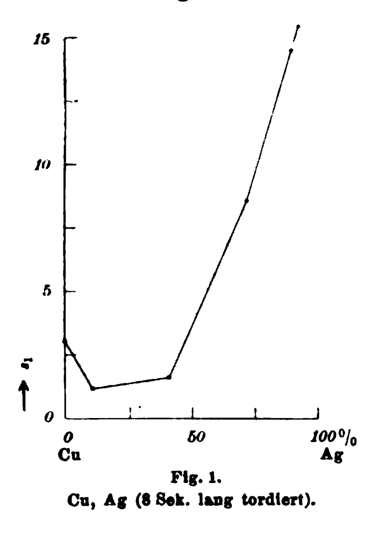


Fig. 1.
Cu, Ag (8 Sek. lang tordiert).

Zur Ausfüllung dieser Lücke ist die elastische Nachwirkung von Metallen und Metall-Legierungen untersucht worden und zwar zunächst bei Torsion. Die benutzten Drähte waren sämtlich $^1/_4$ *mm* dick, 125 *cm* lang. Eine Torsion von 360° wurde durch einen kleinen Elektromotor (nach dem Vorgang von Bouasse) jedesmal in 12 Sek. erteilt, im allgemeinen 5 Min. lang erhalten und wiederum in 12 Sek. rückgängig gemacht. 0,5, 2 und 9 Min. nach der Detorsion wurde das Azimut des unteren Drahtendes abgelesen. Es handelt sich hier besonders um Drähte mit kleiner Nachwirkung, bei welchen diese nach 9 Min. innerhalb der Beobachtungsfehler abgelaufen war, sodaß man direkt die Nachwirkungen s_1 und s_2 zu den Zeiten $t_1 = 0{,}5$ Min. und $t_2 = 2$ Min. erhielt. s_1 gilt als Wert für die Größe der Nachwirkung, s_2/s_1 als Kennzeichen für die Hartnäckigkeit (F. Kohlrausch), mit welcher die Nachwirkung festgehalten wird, und welche bei der hier gegebenen Begriffsbestimmung zwischen 0 und 1 liegt.

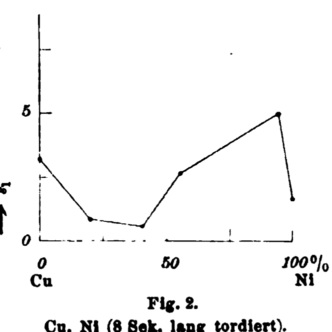


Fig. 2.
Cu, Ni (8 Sek. lang tordiert).

Von den bis jetzt erhaltenen Ergebnissen möge eines hier mitgeteilt werden, nach welchem Legierungen (Cu, Ag; Cu, Ni; Cu, Au; Cu, Zn; Pd, Ag) für eine gewisse Zusammensetzung ein Minimum der Nachwirkung zeigen, das kleiner ist als die Nachwirkung der Komponenten. Die Hartnäckigkeit änderte sich, von den reinen Metallen abgesehen, mit der Zusammensetzung nur wenig. Graphische Darstellungen für die relative Größe der Nachwirkung sind in den beigesetzten Fig. 1 bis 4 gegeben. Für die Komposition kleinster Nachwirkung ist diese im allgemeinen so klein, daß praktische Anwendung zu Suspensionen möglich erscheint. Besonders klein ist die Nachwirkung bei der Kupfer-Gold-Legierung mit 86 Gold und 14 Kupfer, ungefähr

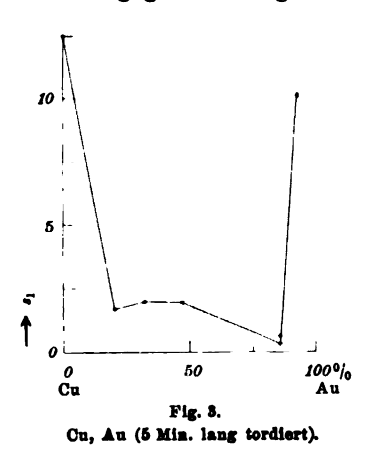


Fig. 3.
Cu, Au (5 Min. lang tordiert).

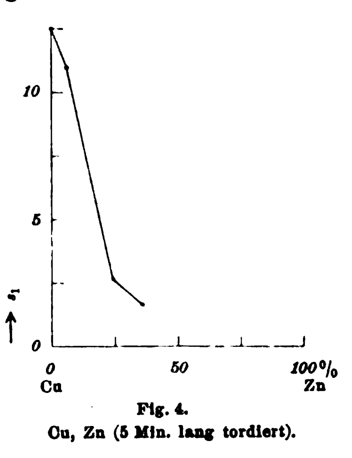


Fig. 4.
Cu, Zn (5 Min. lang tordiert).

[1]) Warburg, Schmidt, Heuse.

von derselben Größe wie bei der in den Siemensschen Drehspulgalvanometern benutzten Phosphor-Bronze.

Es scheint hierdurch der Weg gezeigt zu sein, auf welchem man zu Kompositionen mit kleiner Nachwirkung und zugleich andern dem jedesmaligen Zweck entsprechenden Eigenschaften gelangen kann. Das erwähnte Ergebnis soll auch mit Rücksicht auf die schon vielfach bekannten Ergebnisse rücksichtlich der Schmelzkurven, der mikrographischen Analyse, des elektrischen Leitungsvermögens u. a. verfolgt werden.

4. Schallgeschwindigkeit in Gasen bei hoher Temperatur[1]).

Nach der Methode des geschlossenen Resonators wurden mit dem im vorjährigen Bericht erwähnten Resonator aus Platin-Iridium Bestimmungen der Schallgeschwindigkeit bei hohen Temperaturen in trockner Luft und Kohlensäure ausgeführt.

Die Bestimmungen in Luft sind weniger zahlreich und nicht alle brauchbar, da der Resonator offenbar gelegentlich der vorausgegangenen Füllungen mit Chlorwasserstoff und schwefliger Säure durch Substanzen verunreinigt war, die bei der hohen Temperatur flüchtig wurden. Weitere Störungen verursachten die Messingmembranen, die leicht undicht wurden und durch Membranen aus Neusilber ersetzt sind.

Die Mittel der einzelnen Beobachtungsreihen für Kohlensäure sind in der folgenden Zusammenstellung gegeben. Hier bezeichnet t die vom Eispunkt aus gerechnete Temperatur, n die auf gleiche Löcherzahl der Sirene reduzierte Schwingungszahl oder vielmehr, bei veränderlicher Temperatur, das durch $\Sigma n \sqrt{273+t} / \sqrt{\Sigma(273+t)}$ definierte Reihenmittel. Der Wert für 0° ist früheren Beobachtungen entnommen. Die Zahlen sind noch nicht wegen Ausdehnung des Gefäßes, Reibung und Wärmeleitung verbessert.

t	n	t	n
0	9,454	1002,3	4,662
656,9	5,413	324,0	6,620
867,3	4,919	404,3	6,242
1003,1	4,695	508,1	5,854
504,1	5,882	654,7	5,410
866,1	4,931	1001,3	4,660
996,5 *)	4,637	1163,9	4,417
320,9	6,618	871,2	4,911

*) Die Temperatur änderte sich stark.

Eine beiläufige Reduktion der Zahlen ergibt nur bei der Temperatur von 1000° eine auffallende Unsicherheit; für die spezifische Wärme der Kohlensäure folgt ein Anstieg mit der Temperatur etwa von der Ordnung, wie er auch aus andern Bestimmungen bekannt ist. Eine endgültige Bearbeitung steht aus sogleich zu erörternden Gründen noch aus.

5. Absolute Bestimmung von Schallgeschwindigkeiten[2]).

Für die genaue Reduktion der vorstehend angeführten Beobachtungen war es notwendig, den Einfluß von Reibung und Wärmeleitung auf die Schallgeschwindigkeit oder doch wenigstens die Änderung dieses Einflusses mit der Temperatur zu kennen, und es war wünschenswert, aus den relativen Zahlen auch absolute Werte der Schallgeschwindigkeit abzuleiten. Zur Lösung beider Aufgaben sollte die Bestimmung von Schallgeschwindigkeiten mit Resonatoren von genau bekannter Gestalt dienen.

Es wurden demnach zunächst vier zylindrische Messingresonatoren mit folgenden genau bestimmten Innenmaßen

Länge in *cm*	29,981	30,002	29,969	29,987
Durchmesser in *cm*	1,00	1,40	2,40	7,50

hergestellt, die bei der Beobachtung genau dieselbe Temperatur und dieselbe Füllung hatten. Beobachtet wurde bei 0° in Luft und Kohlensäure. Leider ergab sich, daß die engeren Resonatoren keine genügend scharfen Einstellungen zuließen; jedenfalls zeigte sich die durch die bisher vorliegende Theorie nicht erklärbare Erscheinung, daß der Einfluß der

[1]) Thiesen, Henning.
[2]) Thiesen.

Röhrenweite selbst dem Zeichen nach verschieden sein kann, je nachdem bei dem Grundtone oder dem ersten Obertone beobachtet wird.

Vor weitern Beobachtungen schien es nun zweckmäßig, die Theorie auf den von Kirchhoff gegebenen Grundlagen weiter auszubauen. Dies kann für die Kugel ganz streng durchgeführt werden. Für den Zylinder liegt zwar eine Formel von Kirchhoff vor, doch beruht diese Formel auf einer ganz partikulären Lösung des Problems, und sie darf bestenfalls nur dann Anwendung finden, wenn die Röhrenenden auf die untersuchte Schallbewegung keinen Einfluß haben. Diese Voraussetzung kann bei der Kundtschen, aber nicht bei der hier benutzten Methode zutreffen. Es gelang nun, die Gleichungen aufzustellen, welche den allgemeinen Fall umfassen, doch wird es wahrscheinlich nicht möglich sein, daraus eine allgemein gültige Formel abzuleiten, vielmehr wird man sich mit genäherten, den jedesmal vorliegenden experimentellen Daten angepaßten Lösungen begnügen müssen. Ein Abschluß dieser theoretischen Untersuchungen steht unmittelbar bevor.

6. Luftthermometer[1]).

Nachdem ein Schutz der Thermoelemente gegen die Stäubung der Platinmetalle in dem Quarzglas gefunden war, konnte eine Vergleichung des Elements Platin-Platinrhodium mit dem Stickstoffthermometer bis 1600° C. durchgeführt werden. Für das letztere wurde einmal in zwei verschiedenen Beobachtungsreihen ein Gefäß aus Iridium benutzt, sodann dasjenige aus Platiniridium, das schon früher für Messungen bis 1100° C. gedient hatte. Die Ergebnisse der verschiedenen Beobachtungsreihen, die veröffentlicht worden sind (Anh. Nr. 8, 9), stimmen befriedigend überein. Darnach darf die quadratische Formel, die für die Abhängigkeit der Thermokraft von der Temperatur aus der früheren Vergleichung zwischen 300° und 1100° abgeleitet war, auf höhere Temperaturen nicht ausgedehnt werden. Die Beobachtung ergibt schon bei 1450° eine um 20° höhere Temperatur als aus der Formel folgt. Die folgende Tabelle stellt die Werte für die Thermokraft E (in Mikrovolt) des Normalelements dar, wie sie aus mehreren Interpolationsformeln in den verschiedenen Gültigkeitsbereichen berechnet wurden.

(I) $E = -310 + 8{,}048\,t + 0{,}00172\,t^2$; . . . . gültig von 300° bis 1100°.

(II) $E = 18\,743 + 28{,}820\,(\tfrac{1}{2}t + 273) - 10\,923\,\log_{10}(\tfrac{1}{2}t + 273)$; „ „ 0° „ 1450°.

(III) $E = 2{,}5285\,t^{1{,}1910}$; . . . . „ „ 0° „ 1450°.

(IV) $E = 30600\,\log_{10}\left[1{,}3 + \left(\frac{t}{1000}\right)^2\right] - 1590$; . . . . „ „ 600° „ 1600°.

t °C.	Thermokraft in Mikrovolt nach Formel I	II	III	IV
0		0	0	
100		646	609	
200		1403	1391	
300	2260	2247	2255	
400	3185	3157	3177	
500	4145	4122	4143	
600	5139	5130	5149	5145
700	6168	6173	6186	6147
800	7231	7249	7251	7217
900	8328	8350	8343	8333
1000	9460	9473	9460	9479
1100	10626	10618	10597	10640
1200		11779	11755	11805
1300		12956	12930	12965
1400		14147	14123	14115
1500		15350	15330	15247
1600				16360
1700				17450

[1]) Holborn, Valentiner.

7. Ausdehnung von Platiniridium und Iridium über 1000° [1]).

Für die Berechnung der luftthermometrischen Beobachtungen muß man die Ausdehnung des Gefäßes kennen. Es ist deshalb die lineare Ausdehnung von Platiniridium (80 Pt, 20 Ir) und Iridium zwischen Zimmertemperatur und Temperaturen über 1000° an elektrisch geglühten Bändern gemessen worden. Die Temperatur wurde dabei mittels des optischen Pyrometers bestimmt, unter der Annahme des früher gefundenen Satzes, daß das Strahlungsvermögen (bezogen auf den schwarzen Körper), welches die frei strahlende Oberfläche eines Edelmetalls für homogenes Licht besitzt, von der Temperatur merklich unabhängig ist. Auf diese Weise konnte die Gültigkeit der Formel

$$\frac{\Delta l}{l} = (8198\, t + 1{,}418\, t^2) \cdot 10^{-9},$$

die früher für die Ausdehnung von Platiniridium zwischen 0° und 1000° gefunden war, bis 1600° bestätigt werden. Für die Ausdehnung von Iridium ergab sich zwischen 0° und 1000° bis 1700° die Gleichung

$$\frac{\Delta l}{l} = (6697\, t + 1{,}158\, t^2) \cdot 10^{-9}.$$

8. Konstante des Wienschen Gesetzes [2]).

Da die vorliegenden Bestimmungen der Konstante c des Wienschen Gesetzes

$$\log \text{nat} \frac{H_2}{H_1} = \frac{c}{\lambda} \left\{ \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right\}$$

für die Abhängkeit der Helligkeit H einer bestimmten Wellenlänge λ der schwarzen Strahlung von der absoluten Temperatur T zum Teil auf der Extrapolation der quadratischen Gleichung für das Thermoelement beruhen, so war diese Konstante nach dem erweiterten Anschlusse des Elements an das Stickstoffthermometer neu zu bestimmen. Es ergab sich im Mittel zwischen 800° und 1450°

für λ =	c =
0,656 μ	14200
0,590	14250
0,546	14200
0,501	14070
0,478	14170

Entsprechend dem größern beobachteten Temperaturintervall ist den längeren Wellen ein höheres Gewicht beigelegt und als Gesamtmittel 14200 angenommen.

9. Optisches Pyrometer [3]).

Das Glühlampenpyrometer benutzt der Einfachheit halber statt der spektralen Zerlegung farbige Gläser. Dies ist kein Nachteil, solange man den Beobachtungen direkte Eichungen mit dem schwarzen Körper zugrunde legt. Die ungenaue Kenntnis der Wellenlänge führt aber zu Ungenauigkeiten, wenn man mit dem Instrument die Temperaturskale nach dem Strahlungsgesetz fortsetzen will. Es ist nun die für dieses Gesetz wirksame Wellenlänge für ein rotes und ein grünes Glas experimentell bestimmt worden, indem für ein bekanntes Helligkeitsverhältnis H_2/H_1 eine Reihe zusammengehöriger Wertepaare T_2, T_1 der absoluten schwarzen Temperatur gemessen und daraus die Wellenlänge λ berechnet wurde. Innerhalb der Genauigkeit der Einstellung ergab sich die wirksame Wellenlänge konstant, und zwar für das rote Glas (durchlässig zwischen 0,694 und 0,602 μ) zu 0,650 und für das grüne Glas (durchlässig zwischen 0,656 und 0,446 μ) zu 0,572 μ.

10. Vergleichung von Platinwiderständen mit dem Stickstoffthermometer [4]).

Um für die in Aussicht genommene Messung des Sättigungsdrucks von Wasserdampf über 100° Gebrauchsthermometer zu erhalten, deren absolute Angaben bei 200° noch auf einige hundertstel Grad verbürgt werden können, ist eine Vergleichung von Platinwiderständen mit dem Stickstoff- und Wasserstoffthermometer in Angriff genommen. Als Gefäßmaterial wird zunächst Jenaer Glas 59^{III} benutzt. Die Vorarbeiten sind soweit erledigt, daß

[1]) Holborn, Valentiner.
[2]) Holborn, Valentiner.
[3]) Holborn, Valentiner.
[4]) Holborn, Valentiner.

mit den eigentlichen Messungen demnächst begonnen werden kann. Abgesehen von dem nächstliegenden Zweck soll die Vergleichung etwa bis 500° fortgesetzt werden. Die Temperaturskale wird durch Siedepunkte festgelegt werden.

11. Ausdehnung in tiefer Temperatur[1]).

Es sind früher (vgl. den Bericht für 1904) Messungen erwähnt worden, die über die relative Ausdehnung verschiedener Materialien gegen Glas zwischen den Temperaturen der flüssigen Luft und des Zimmers angestellt worden sind. Aus diesen Beobachtungen, die besonderes Interesse deshalb beanspruchen, weil dieselben Körper vorher auf ihre Ausdehnung in hohen Temperaturen beobachtet worden waren, wurde jetzt mit Hülfe der von Scheel an dem Fizeauschen Apparat gewonnenen Ergebnissen (vgl. weiter unten, Abschnitt Nr. 12) die absolute Ausdehnung berechnet. Für die Ausdehnung Δl der Längeneinheit zwischen — 191° und + 16° erhielt man für

	$\Delta l \cdot 10^6$
Quarzglas	— 53
Jenaer Glas 59^{III}	+ 877
Berliner Porzellan	367
Platin	1649
Palladium	2117
Platiniridium (80 Pt, 20 Ir)	1553
Silber	3527
Kupfer	2917
Nickel	2095
Aluminium	3799
Konstantan (60 Cu, 40 Ni)	2489
Bronze (84 Cu, 9 Zn, 6 Sn)	3117
Messing (62 Cu, 38 Zn)	3403
Gußeisen GK 1 (3% C)	1763
Gußeisen A 4 (4% C)	1753
Flußstahl St 1 (0,5% C)	1815
Flußeisen (0,1% C)	1855
Schweißeisen (0,1% C)	1863

12. Arbeiten mit dem Fizeauschen Dilatometer[2]).

Im vorjährigen Bericht ist bereits die Absicht mitgeteilt worden, die Versuche zur Bestimmung der absoluten Ausdehnung des Quarzringes im Vakuum auszuführen. Demzufolge diente zu den Beobachtungen, die im Berichtsjahr angestellt wurden, ein Abkühlungsgefäß, welches nach Justierung des Interferenzapparates vollkommen luftdicht abgeschlossen werden konnte. Korrespondierende Messungen bei Zimmertemperatur und der Temperatur der flüssigen Luft lieferten alsdann die Ausdehnung des Quarzringes in diesem Intervall mit einer Genauigkeit von $\pm 0{,}007\,\mu$, entsprechend ½ Promille der ganzen beobachteten Größe oder ± 0,15° Temperaturunsicherheit. Auf Grund dieser absolut gemessenen Ausdehnung des Quarzringes ließen sich dann auch die relativen Beobachtungen an Zylindern aus Platin, Palladium und Quarzglas zu absoluten Werten umrechnen. Wenig abweichend von den schon früher gegebenen Zahlen wurden somit folgende Werte der absoluten Ausdehnung zwischen — 190° und + 16° gefunden:

Quarz in Richtung der Achse	pro 1 *m*	1074 μ
Platin	„	1642 „
Palladium	„	2110 „
Quarzglas	„	— 41 „

Die Ausdehnung ist, zusammen mit den Resultaten der früheren Untersuchungen oberhalb Zimmertemperatur, durch kubische Formeln dargestellt.

[1]) Henning.
[2]) Scheel.

Außer dem Quarzring der Reichsanstalt wurde noch ein zweites Exemplar eines Ringes aus Quarz, ebenfalls senkrecht zur Achse geschliffen, aber von anderen Abmessungen, untersucht. Die Ausdehnung dieses Ringes ergab sich zwischen -190^0 und $+16^0$ pro 1 *m* um etwa 4 μ kleiner als diejenige des Ringes der Reichsanstalt, das sind etwa 4 Promille des Ausdehnungsbetrages.

Die Ergebnisse der Ausdehnungsmessungen sind veröffentlicht (Anh. Nr. 10).

Die Versuche im Vakuum waren angestellt worden, weil bei Benutzung eines mit der Atmosphäre kommunizierenden Abkühlungsgefäßes eine von der optischen Veränderung des Luftraumes zwischen den beiden die Interferenz liefernden spiegelnden Flächen herrührende Korrektion

$$k = \frac{2h}{\lambda}(n_2 - n_1)$$

bei tiefer Temperatur so hohe Beträge annimmt, daß sie die zu messende Ausdehnungsgröße fast verdeckt. In der Formel bedeutet h die Höhe des Quarzringes, λ die Wellenlänge und n_2 und n_1 die Brechungsexponenten der Luft bei hoher und tiefer Temperatur und den entsprechenden Drucken. Hält man nun die Temperatur konstant und ändert den Druck zwischen Vakuum und Barometerdruck, so wird $n_1 = 1$ und n_2, der Brechungsexponent der Luft bei Barometerdruck und der konstant gehaltenen Temperatur, aus dem direkt zu beobachtenden Werte von k leicht berechenbar.

Auf solche Weise sind die Brechungsexponenten der Luft sowie des Wasserstoffs und Stickstoffs, mit denen beiden das Abkühlungsgefäß ebenfalls beschickt wurde, bei Zimmertemperatur und bei der Temperatur der flüssigen Luft bestimmt. Die bei Zimmertemperatur gefundenen Werte stimmen sowohl der absoluten Größe nach, als auch bezüglich der Dispersion im ganzen sichtbaren Spektrum sehr gut mit den besten seither bekannten Zahlen. Die Beobachtungen bei tiefer Temperatur erlauben in Verbindung mit direkten Bestimmungen der Dichte des Wasserstoffs und Stickstoffs von anderer Seite den Schluß, daß das Gesetz vom konstanten Refraktionsvermögen $\frac{n-1}{d} = \text{konst.}$ für Wasserstoff und Stickstoff bis zur Temperatur der flüssigen Luft hinab bis auf 4 Promille sicher erfüllt ist. Nimmt man diese Beziehung auch für atmosphärische Luft als gültig an, so ergibt sich aus den vorliegenden Beobachtungen eine Bestimmung ihrer Dichte im gasförmigen Zustande nahe an ihrem Verflüssigungspunkte. Auch die Resultate dieser Untersuchung sind bereits veröffentlicht (Anh. Nr. 11).

13. Kalorimetrische Arbeiten[1]).

Im Tätigkeitsbericht für 1904 (*diese Zeitschr.* **25.** *S. 103. 1905*) ist über Messungen zur Bestimmung der 15°-Kalorie in elektrischen Einheiten berichtet worden. Mittels der damals zur Verfügung stehenden Einrichtungen konnten die Messungen nur auf ein Intervall von etwa 5° bis 25° erstreckt werden. Es ist nun ein neuer Apparat nach etwas anderen Prinzipien konstruiert worden, der es ermöglichen soll, die Versuche auf das Temperaturintervall 0° bis 100° auszudehnen und dabei eine möglichst große Genauigkeit zu erreichen. Um die durch die Metallmassen des Kalorimeters und durch die Verdampfung des Wassers bedingten Korrektionen auf ein möglichst kleines Maß herabzudrücken und um mit kleinen Temperaturerhöhungen arbeiten zu können, wurde eine große Wassermenge angewandt (50 Liter) und das Gefäß, soweit es möglich war, allseitig vollkommen geschlossen, sodaß nur kleine, fast kapillare Austrittsstellen für den Rührer u. s. w. bleiben. Der das Kalorimeter von allen Seiten umgebende Wassermantel ist so eingerichtet, daß er auf verschiedenen Temperaturen konstant gehalten werden kann.

Zur Temperaturmessung sind verschiedene Widerstandsthermometer beschafft worden, die eine große Strombelastung vertragen zwecks Erreichung hoher Empfindlichkeit. Sehr willkommen erschienen die neuerdings von der Firma W. C. Heraeus in Hanau hergestellten, in Quarz eingeschmolzenen Platinthermometer. Ein von dieser Firma leihweise überlassenes

---

[1]) Jaeger, v. Steinwehr.

Versuchsthermometer (Platindraht von etwa 50 *cm* Länge und 0,1 *mm* Durchmesser bei 5 *cm* Wicklungslänge) zeigt in bezug auf die Abkühlungskonstante nahezu die gleich guten Eigenschaften, wie die in der Reichsanstalt hergestellten, früher beschriebenen Platinthermometer, bei denen der Draht in einem engen Messingröhrchen eingeschlossen war. Bei beiden Thermometertypen beträgt die Erwärmung durch den Meßstrom etwa 20° pro Amp.

Dies scheint zunächst erstaunlich, weil der Widerstandsdraht beim Heraeusschen Thermometer auf einen kleinen Raum zusammengedrängt ist und nur nach einer Seite hin die Wärme abgeben kann. Dieser Nachteil wird aber dadurch ausgeglichen, daß der Draht nur von einer sehr dünnen Quarzhaut unter Ausschluß jeder Luftschicht umgeben ist.

Auf Grund dieses Ergebnisses war daher zu erwarten, daß man unter Anwendung bereits veröffentlichter theoretischer Betrachtungen (Anh. Nr. 34) nach dem Heraeusschen Prinzip ein Thermometer von hoher Meßempfindlichkeit herstellen konnte. Die genannte Firma ging bereitwilligst auf die Wünsche der Reichsanstalt ein und stellte ihr zunächst leihweise ein Instrument zur Verfügung, das im wesentlichen den gestellten Bedingungen entsprach, wenn auch die Schwierigkeit der technischen Herstellung eine gewisse Beschränkung, vor allem in der Länge des Wicklungsraumes, erforderte. Der Platindraht dieses Thermometers, das nur eine Erwärmung von 0,5° pro Ampere zeigt, also die 40-fache Strombelastung des kleineren Modells verträgt, hat bei einer Wicklungslänge von 25 *cm* eine Länge von 3 *m* und einen Durchmesser von 0,25 *mm*. Außer diesen Widerstandsthermometern aus Platin sind in der Reichsanstalt selbst noch solche aus käuflich reinem Nickeldraht hergestellt worden, die ebenfalls, wie die Heraeusschen Thermometer, ganz frei von Nullpunktsänderungen sind und nur eine Erwärmung von etwa 1° bis 2° pro Ampere geben. Bei Anwendung von reinem Nickel würde man an Empfindlichkeit noch gewinnen können, da der Temperaturkoeffizient des reinen Nickels erheblich höher ist als der des Platins.

Die Grundlagen der Messung sind die Widerstandseinheit, die elektromotorische Kraft des Normalelementes und die Temperaturskale; entsprechend der angestrebten Genauigkeit müssen diese Einheiten vor allem bis auf den gleichen Betrag konstant bezw. jederzeit reproduzierbar sein. Diesen Anforderungen genügt die Widerstandseinheit und nachdem nun die Merkurosulfatfrage erledigt ist, wohl auch das Normalelement.

Bei der Temperaturskale erschien es dagegen erwünscht, nicht auf dem Umweg über die doch individuell verschiedenen Quecksilberthermometer den Anschluß an das Luftthermometer bewirken zu müssen, sondern statt dessen eine vollkommen sicher reproduzierbare empirische Skale als Grundlage zu verwenden, die dann direkt an das Luftthermometer angeschlossen werden kann. Als einzige empirische Skale, die in Betracht kommen kann, ist wohl die scheinbare Widerstandsänderung des reinen, in Quarzröhren eingeschlossenen Quecksilbers zu betrachten. Von der Firma Heraeus wurden für diesen Zweck Quarzröhren von etwa 1 *m* Länge bezogen, die in ähnlicher Weise wie die Ohmkopien der Reichsanstalt mehrfach U-förmig gebogen sind.

14. Spezifische Wärme von Gasen[1].

Für die Untersuchung der spezifischen Wärme von Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf über 800° bei Atmosphärendruck ist ein neuer Apparat in Gebrauch genommen. Das gegen früher vergrößerte Kalorimeter ist mit Paraffinöl gefüllt und wird durch einen elektrisch geheizten Ölmantel ständig über 100° gehalten, damit keine Abänderung des Apparats für die Bestimmung des Wasserdampfs notwendig wird. Nachdem der Wasserwert gemessen war, ist die Einrichtung für die Erhitzung des zu messenden Gases ausprobiert worden, die bei der geringen Wärmekapazität elektrischer Öfen und der Höhe der zu erreichenden Temperatur besondere Schwierigkeiten bereitet. Die Erhitzung des Gases soll durch ein 2 *m* langes, elektrisch geheiztes Platinrohr bewirkt werden, das schraubenförmig in einem kleinen Ofen liegt; um die Temperatur des austretenden Gases konstant zu halten, wird der Heizstrom in passender Weise während des Gasdurchgangs verstärkt.

[1]) Holborn, Henning.

15. Verdampfungswärme des Wassers[1]).

Die Verdampfungswärme L des Wassers ist bei 100°, 90°, 77°, 65°, 49° und 30° nach der früher beschriebenen Methode bestimmt worden. Die Ergebnisse sind veröffentlicht (Anh. Nr. 15). Sie lassen sich durch die Formel

$$L = 94{,}210\,(365 - t)^{0{,}31249}\ \text{Kal.}_{15^0}$$

mit einer Genauigkeit von 1 Promille ausdrücken. Zugleich stellt diese Gleichung die Messungen von Dieterici bei 0° und von Griffiths zwischen 25° und 50° mit großer Annäherung dar. Die Regnaultschen Werte sind im Mittel um 0,5% kleiner, als die aus der Formel berechneten.

16. Sättigungsdruck und spezifisches Volumen von Wasserdampf[2]).

Um aus der Verdampfungswärme das spezifische Volumen v des Wasserdampfs nach der Clapeyron-Clausiusschen Gleichung

$$L = \frac{273 + t}{A}\,(v - v')\,\frac{dp}{dt}$$

berechnen zu können, sind die wahrscheinlichsten Werte für den Differentialquotienten des Sättigungsdruckes p zwischen 0° und 200° aus den bisher vorliegenden Beobachtungen ab-

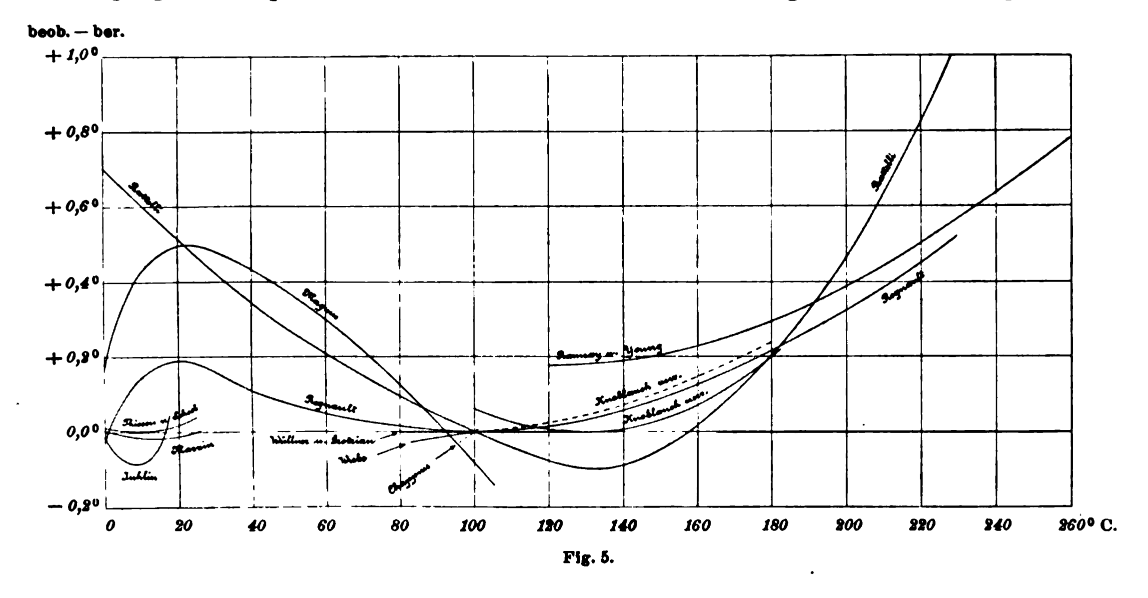


Fig. 5.

geleitet worden. Die sonst noch in der Formel vorkommenden Größen, das mechanische Wärmeäquivalent A und das spezifische Volumen v' des flüssigen Wassers, sind hinreichend genau bekannt.

Um eine Übersicht zu gewinnen, wurden für die von den einzelnen Beobachtern gemessenen Werte des Sättigungsdrucks die zugehörigen Temperaturen nach der Thiesenschen Formel

$$(t + 273)\log\frac{p}{760} = 5{,}409\,(t - 100) - 0{,}508\cdot 10^{-8}\left\{(365 - t)^4 - 265^4\right\}$$

berechnet und die Abweichung dieser berechneten Temperatur von der beobachteten für jeden Beobachter in einer Kurve aufgetragen. Dieses Verfahren ergibt auch insofern ein anschauliches Bild, als der Hauptfehler der Messung, wenigstens bei höheren Temperaturen, in der Temperaturbestimmung liegen dürfte. Fig. 5 stellt die Kurven für die einzelnen Beobachter dar: Battelli, Chappuis, Juhlin, Knoblauch und Linde und Klebe (die gestrichelte Kurve bezieht sich auf die Interpolation der Beobachter), Magnus, Marvin, Ramsay und Young, Regnault, Thiesen und Scheel, Wiebe, Wüllner und Grotrian.

[1]) Henning.
[2]) Henning.

Berücksichtigt man die Genauigkeit der angewandten Methoden, so kommt man zu dem Schluß, daß die Thiesensche Formel im ganzen die Abhängigkeit des Sättigungsdrucks von der Temperatur ausreichend wiedergibt. Nur bei den höheren Temperaturen, wo den Beobachtungen von Regnault das größte Gewicht beizulegen ist, weicht sie etwas ab. Der Unterschied zwischen Beobachtung und Rechnung entspricht aber erst bei 180° einer Temperaturdifferenz von 0,2°, also einer Größe, die der Fehlergrenze ziemlich nahe kommt.

Die folgende Tabelle stellt die wahrscheinlichen Werte von p und dp/dt (unterhalb 100° die Thiesensche Formel, oberhalb die Regnaultsche Kurve) dar, sowie die aus der oben angeführten Formel folgenden Werte von L. Die daraus nach der Clapeyron-Clausiusschen Formel berechneten Zahlen für das spezifische Volumen v des Wasserdampfs, die mit den Werten des idealen Volumens verglichen werden, stimmen mit den neueren Messungen von Knoblauch, Linde und Klebe bis auf einige Tausendstel überein.

t °C.	p mm Hg	$\frac{dp}{dt}$ $\frac{\text{mm Hg}}{\text{Grad}}$	L Kal.$_{15°}$	v $\frac{ccm}{g}$	v_{ideal} $\frac{ccm}{g}$	$v_{ideal} - v$ %
0	4,581	0,3330	595,4	205700	206400	0,3
10	9,206	0,6168	590,2	106200	106500	0,3
20	17,53	1,086	585,0	57760	57890	0,2
30	31,82	1,826	579,6	32900	32980	0,2
40	55,33	2,948	574,2	19540	19590	0,3
50	92,52	4,590	568,6	12050	12090	0,3
60	149,38	6,913	562,9	7681	7721	0,5
70	233,67	10,11	557,0	5047	5084	0,7
80	355,1	14,39	551,1	3410	3443	1,0
90	525,8	19,98	545,0	2361	2391	1,3
100	760,0	27,15	538,7	1672	1700	1,6
110	1074,5	36,12	532,1	1209	1235	2,1
120	1489,3	47,23	525,6	890,4	913,9	2,6
130	2026,1	60,69	518,7	667,2	688,9	3,2
140	2710,7	76,79	511,8	507,9	527,7	3,8
150	3570,5	95,91	504,6	391,7	410,3	4,5
160	4635	118,1	497,2	306,4	323,6	5,3
170	5939	144,0	489,4	242,1	258,2	6,2
180	7517	173,4	481,5	193,6	208,7	7,2
190	9407	206,9	473,2	156,2	170,5	8,4
200	11652	244,8	464,5	127,2	140,6	9,5

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in den *Ann. d. Physik* **22.** *S. 609. 1907* veröffentlicht.

17. Schmelzpunkte[1]).

Im Anschluß an die Messungen mit dem Stickstoffthermometer ist der Schmelzpunkt des Palladiums mit dem Thermoelement neu bestimmt und zu 1575° C ± 10° gefunden worden.

Der Schmelzpunkt von Platin wurde im schwarzen Körper durch Helligkeitsmessungen mit dem Spektralphotometer bestimmt. Auf Grundlage des Wertes 14200 für die Konstante c des Strahlungsgesetzes ergab sich im Mittel 1789°. Aus der von Nernst und v. Wartenberg angestellten Helligkeitsmessung würde man mit demselben Werte von c die nahe liegende Temperatur 1775° erhalten.

[1]) Holborn, Valentiner.

18. Versuche über das Setzen von Mauerwerk[1]).

Die Versuche sind in der in dem vorjährigen und vorvorjährigen Berichte skizzierten Weise weiter fortgeführt. Von den Resultaten sind folgende bemerkenswert.

Reiner Zement ist auch jetzt, nach Ablauf zweier Jahre, noch nicht zur Ruhe gekommen. Diese Unruhe des Zements ist auch bei allen Kompositionen erkennbar, in welche er in stärkerem Betrage eingeht, insonderheit bei der Mischung von 1 Teil Zement mit 1 Teil Sand, deren Abbindung ebenfalls noch nicht beendet ist. Die Mischungen des Zements mit Kalkmörtel werden um so günstiger für die Verarbeitung, je größer der Anteil des Kalkmörtels an der Mischung ist. Selbst die Komposition von 1 Teil Zement mit 20 Teilen Kalkmörtel zeigt noch nach zwei Jahren eine stetige Veränderung von etwa $15 \cdot 10^{-6}$ für das letzte Halbjahr, die als fast linear verlaufende Verlängerung des betreffenden Pfeilers erscheint. Die Mischungen von 1 Teil Zement auf 40 bezw. 80 Teile Kalkmörtel verhalten sich nahezu gleich und scheinen nach Jahresfrist bereits einen stationären Stand erreicht zu haben. Reiner Weißkalk erleidet im dritten bis fünften Monat nach seiner Verarbeitung eine sehr starke Veränderung, die in schwachen Wellen bis zum Ablauf des zweiten Jahres abzuklingen scheint. Beim Kalkmörtel (1 Teil Kalk und 3 Teile Sand) sind solche Bewegungen, allerdings sehr viel schwächer, ebenfalls vorhanden; ihre Beendigung findet gleicherweise nicht vor Ablauf des zweiten Jahres statt.

Reiner Gips nähert sich in kleinen Wellenbewegungen wie es scheint ebenfalls einem Endzustand, der aber nach Ablauf des zweiten Jahres noch nicht erreicht war.

Eine Abhängigkeit der Beobachtungsresultate von der während der Beobachtung gerade herrschenden Feuchtigkeit ist, wie zu erwarten, nicht erkennbar. Auch eine Abhängigkeit von der Temperatur tritt nicht hervor, was seine Erklärung fände, wenn man für die Mauersteine den gleichen Ausdehnungskoeffizienten wie für Eisen einsetzt. Übrigens waren die Temperaturschwankungen auch nur sehr klein.

II. Elektrizität.

1. Normalwiderstände[2]).

Die im März 1906 vorgenommene Vergleichung der Manganinnormale hat in Übereinstimmung mit den bisherigen Erfahrungen ergeben, daß die einzelnen Widerstände nur kleine Änderungen von wenigen Millionteln gegen das Vorjahr aufwiesen, sodaß zu einer Änderung des seit Anfang 1898 als konstant angenommenen Mittelwerts M der vier Normale von Abt. I (vgl. z. B. den vorigen Tätigkeitsbericht, *diese Zeitschr.* **26.** *S. 120. 1906*) keine Veranlassung vorliegt.

2. Normalelemente.

Über die Messungen an älteren Normalelementen vgl. Abt. II, Schwachstrom-Lab.

Die Untersuchungen über das Merkurosulfat[3]) sind nunmehr völlig abgeschlossen und sollen demnächst ausführlich mitgeteilt werden. Nach der im vorigen Tätigkeitsbericht mitgeteilten Vorschrift (*diese Zeitschr.* **26.** *S. 122. 1906*) wurden noch mehrfach grobkörnige Präparate unter wechselnden Bedingungen hergestellt, wobei sich folgendes ergab:

1. Bei Anwendung reiner Reagentien wurden immer Präparate gleicher elektromotorischer Wirksamkeit erzielt.
2. Die Fällungstemperatur hat keinen Einfluß auf die elektromotorische Kraft, dagegen großen Einfluß auf die Farbe des Salzes, das um so weißer ausfällt je höher, und um so gelber je niedriger die Temperatur ist.
3. Sehr große Abweichungen vom Normalwerte wurden beobachtet, wenn zur Fällung als rein bezogene Schwefelsäure benutzt wurde, die aber noch erhebliche Mengen Bleisulfat gelöst enthielt. Hierüber brachten erst eingehende Beobachtungen Aufklärung.

3. Silbervoltameter[4]).

Über die gemeinsam mit dem Schwachstromlaboratorium der Abt. II in den Räumen dieses Laboratoriums angestellten Versuche vgl. dessen Bericht.

---

[1]) Scheel.
[2]) Jaeger, v. Steinwehr.
[3]) v. Steinwehr.
[4]) Jaeger, Lindeck.

4. Ozonisierung durch stille elektrische Entladung[1].

Die chemische Wirkung der stillen Entladung auf Sauerstoff und atmosphärische Luft bietet neben dem wissenschaftlichen ein technisches Interesse, sie dient nämlich zur gewerbsmäßigen Darstellung des Ozons. Die Vorgänge bei dem letztgenannten Prozeß sind nach verschiedenen Richtungen studiert worden.

1. In den technischen Betrieben wird Wechselstrom-Entladung teils aus dielektrischen, teils aus metallischen Elektroden benutzt. Nach frühern Erfahrungen versprach im letzteren Fall Gleichstromentladung Vorteile. Durch Ersetzung der gewöhnlich benutzten Spitzen- durch kleine Kugel-Elektroden läßt sich die Ausbeute wesentlich steigern. Die Entladung zur Erde ist für kleine Ozonkonzentrationen bis zu 4 *g* Ozon im *cbm* aus *positiver*, stark mit Strom belasteter Kugel, für größere Konzentrationen bis zu 9 *g* Ozon im *cbm* aus *negativer*, schwach belasteter Kugel zu bewirken. Im letzteren Fall wurde bei einer Konzentration von 8 bis 9 *g* Ozon im *cbm* eine Ausbeute von 30 *g* Ozon pro Kilowattstunde aus atmosphärischer Luft erreicht. Mit den Siemensschen Ozonkastenapparaten — den einzigen technischen Apparaten, für welche Angaben vorliegen — scheint man nicht so weit zu kommen. Es soll versucht werden, das Verfahren in eine für die Technik geeignete Form zu bringen.

2. Daß durch Feuchtigkeit die Ozonisierung herabgesetzt wird, ist bekannt, doch fehlten messende Versuche. Der Einfluß der Feuchtigkeit zeigte sich abhängig von der Entladungsform und um so größer, auf eine um so größere Entfernung von der Elektrode hin das Gas zum Leuchten kommt. So wird durch 7 *mm* Wasserdampfdruck in Sauerstoff die Ausbeute bei negativer Spannungselektrode um 6%, bei positiver um 37% herabgesetzt. Im letzteren Fall entsteht ein langer positiver Büschel, im ersteren leuchtet das Gas nur bis zu einer kleinen Entfernung von der Elektrode. Dieses Verhalten läßt sich einer früher gegebenen Theorie unterordnen. In atmosphärischer Luft ist der schädliche Einfluß des Wasserdampfs größer als im Sauerstoff, vielleicht, weil der Wasserdampf die Bildung des die Ozonisierung hemmenden NO_2 begünstigt.

Bei konstant erhaltener Dichte wird durch Temperaturerhöhung auf 80° in Sauerstoff die Ozonisierung wenig verändert, in Luft nicht unerheblich vermindert.

3. Als Begleiterscheinung der teilweisen Ozonisierung des Luftsauerstoffs tritt eine teilweise Oxydation des Luftstickstoffs auf. Zur Untersuchung dieser Erscheinung wurde zunächst das aus dem Entladungsapparat kommende Gas durch verdünnte Natronlauge geleitet und in dieser die Salpetersäure nach dem Lungeschen Verfahren gemessen. Dieselbe ergab sich unabhängig von dem Feuchtigkeitsgehalt und entsprach rund 10 Liter NO pro Amperestunde.

Andrews und Tait haben gezeigt, daß eine kleine Menge NO_2 die Ozonbildung im geschlossenen Raum verhindert. Auch in strömender Luft kann man die ozonlose stille Entladung herstellen, wenn man vorher durch Funkenentladung ein wenig NO_2 erzeugt hat. So viel NO_2, als 1 *ccm* NO in 1500 *ccm* entspricht, genügt, um die Ozonbildung zu verhindern.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind veröffentlicht (Anh. Nr. 19, 20, 21).

Es wurde nun weiter die Art des Stickoxyds in Betracht gezogen, welches bei der stillen Entladung in atmosphärischer Luft sich bildet.

Hautefeuille und Chappuis haben entdeckt, daß durch die stille Entladung in Stickstoff-Sauerstoffgemischen neben dem Ozon ein gasförmiger Körper entsteht, welcher durch sein Absorptionsspektrum im sichtbaren Spektralgebiet scharf charakterisiert ist. Sie gelangen zu der Ansicht, daß dieser Körper, für welchen sie die Formel N_2O_6 finden und welchen sie Übersalpetersäure (*acide pernitrique*) nennen, das primäre durch die stille Entladung gebildete Oxydationsprodukt des Stickstoffs sei.

Diese Anschauungen haben sich nicht bestätigt. Zur Darstellung des neuen Körpers, welcher *Y* genannt werde, bedarf es der stillen Entladung nicht. Man kann ihn auch durch gewöhnliche chemische Reaktion zwischen N_2O_5 und O_3 erhalten und zwar auf diesem Wege

[1]) Warburg, Leithäuser.

in einer weit höheren Konzentration, indem diese mit der Konzentration sowohl von O_3 als von N_2O_5 wächst.

Um die Ansichten von Hautefeuille und Chappuis zu prüfen war es nötig, die Konzentration des N_2O_5 beim Zerfall von Y zu untersuchen. Dies gelang mittels des ultraroten Absorptionsspektrums des N_2O_5. Dasselbe, zwischen $\lambda = 2{,}3$ und $6{,}5\ \mu$ untersucht, zeigte zwei Absorptionsgebiete, ein schwächeres zwischen 2,5 und $5\ \mu$ und ein stärkeres mit sehr starker Absorption zwischen 5,5 und $6{,}3\ \mu$[1]. Versuche mit schwächeren Konzentrationen des N_2O_5 zeigten, daß ein sehr intensiver Absorptionsstreifen mit dem Absorptionsmaximum bei ungefähr $5{,}75\ \mu$ vorliegt. Zu dem vorliegenden Zweck wurde das erste Gebiet benutzt, da in diesem O_3 sowie Y sicher nicht absorbieren. Bei Anwendung eines $O_3 - N_2O_5$-Gemisches, in welchem das Spektrum von Y sehr stark zum Vorschein kam, betrug die Absorption des N_2O_5 bei $\lambda = 3{,}21\ \mu$, welche hier noch der Konzentration des N_2O_5 proportional war, 25% und blieb ungeändert, während Y zerfiel. Nun ist, von N_2O abgesehen, N_2O_5 das einzige bekannte Stickoxyd, welches in Gegenwart von O_3 bestehen kann. Durch den Zerfall von Y muß das N_2O_5, sei es primär, sei es sekundär, frei werden, wenn man den Zerfall in N_2O oder N_2 als zu unwahrscheinlich ausschließt. Nach dem mitgeteilten Ergebnis wird aber jedenfalls nur sehr wenig N_2O_5 frei. Daraus folgt unter der gemachten Annahme, daß Y ähnlich wie NO_3 ein stark färbender Körper ist und in einer Konzentration entsteht, welche klein ist gegen die Konzentration des N_2O_5.

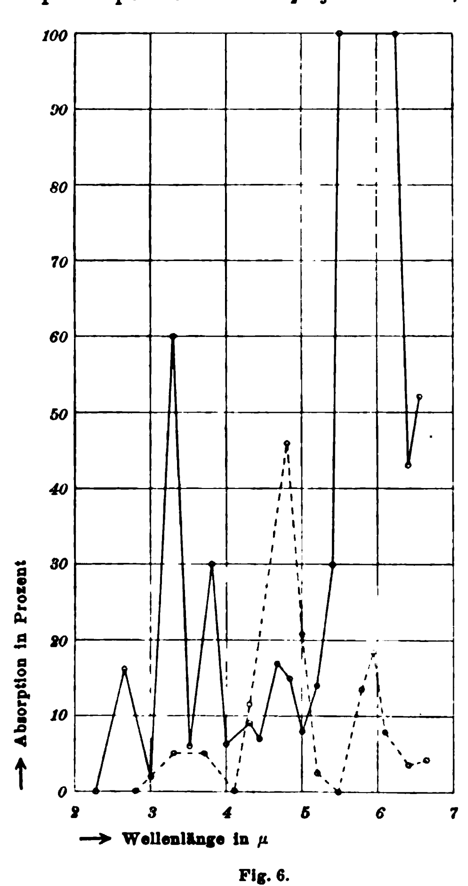


Fig. 6.

Atmosphärische Luft, welche in einer Siemensschen Röhre der stillen Entladung ausgesetzt gewesen war, zeigte bei $\lambda = 5{,}75$, dem Absorptionsmaximum des N_2O_5 im zweiten Absorptionsgebiet, eine Absorption von 90%, ebenso behandelter, mit 1,8% Stickstoff verunreinigter Sauerstoff eine Absorption von 54%, im letzteren Fall wurde Y nicht sichtbar.

Demnach kann man sagen, daß das in der trocknen atmosphärischen Luft durch die stille Entladung gebildete nitrose Gas der Hauptsache nach N_2O_5 ist. Dadurch und durch das zugleich gebildete Ozon sind nach dem obigen die Bedingungen für die Bildung des Körpers Y gegeben, welcher sich aber als eine nur geringfügige Begleiterscheinung der Stickstoffoxydation darstellt. Es ist nicht nötig, seine Bildung der stillen Entladung zuzuschreiben; auch ist die Bezeichnung desselben als N_2O_6 nicht begründet, da die von Hautefeuille und Chappuis angestellten Versuche, welche auf diese Formel führten, auf der nicht zutreffenden Annahme beruhen, daß das einzige durch die Entladung gebildete Stickoxyd der Körper Y ist.

NO wird durch O_2 zu NO_2, dieses durch O_3 zu N_2O_5 oxydiert. Außer N_2O_5 könnte allenfalls noch N_2O bei der Entladung entstehen. Ob das der Fall ist, wird sich wahrscheinlich durch spektralanalytische Versuche im Ultrarot entscheiden lassen.

In die Fig. 6 ist punktiert das Absorptionsspektrum des Ozons zwischen 2 und $7\ \mu$

[1]) Die Fig. 6 gibt ausgezogen das Absorptionsspektrum des N_2O_5.

nach den Messungen der Hrn. Ladenburg und Lehmann[1]) eingezeichnet; das von ihnen benutzte Ozon absorbierte auch in dem starken Absorptionsgebiet des N_2O_5 bis zu 19%. Doch zeigt nach unseren Versuchen Ozon aus reinem Sauerstoff[2]) dort keine merkliche Absorption, während die Absorption bei 4,75 μ 54% betrug. Das Ozon der Hrn. Ladenburg und Lehmann war also nicht rein und enthielt wahrscheinlich N_2O_5. Sie haben aus ihrem Ozon unter gewissen Umständen einen gasförmigen Körper erhalten, welcher auch Absorptionsstreifen von Y zeigte, und schreiben diese, weil sie keinen Stickstoff in ihrem Präparat nachweisen konnten, einer allotropen Modifikation des Sauerstoffs zu. Dieser Schluß ist nach dem vorstehenden so lange nicht zwingend, als nicht das Auftreten der Streifen in stickstoffreiem Ozon nachgewiesen ist[3]).

Die Untersuchung ist abgeschlossen.

5. Metallfärbung[4]).

Die auf Wunsch der Deutschen Gesellschaft für Mechanik und Optik begonnenen Untersuchungen über Metallfärbung haben infolge einer Denkschrift derselben Gesellschaft einen bedeutenderen Umfang angenommen, sodaß die Überweisung dieser Arbeit an das chemische Laboratorium und die Werkstatt der Abteilung II erfolgte; es wird deshalb auf den entsprechenden Abschnitt des Tätigkeitsberichtes der Abt. II hingewiesen. Die anfänglich angestrebte Blank- und Matt-Schwarz-Färbung wurde einerseits durch elektrolytische Eisenüberzüge, andererseits durch Überzüge von Sulfiden erreicht, die durch chemische Einwirkung von erwärmten Lösungen entstehen. Die letzteren schienen sich besonders für Phosphorbronze, aber auch für Messing zu eignen.

III. Strahlung.

Lumineszenzleuchten.

1. Interferenzspektroskop[5]).

Die Leistungsfähigkeit der Apparate hoher Auflösungskraft wurde durch die Auffindung der Interferenzpunkte, wie im vorjährigen Tätigkeitsbericht erwähnt, gesteigert; insbesondere wurde eine quantitative Untersuchung der Linienstruktur in vielen Fällen erst durch die Interferenzpunkte möglich gemacht. Die Anwendung dieser im Vorjahr gefundenen Beobachtungsmethode bildete einen Hauptgegenstand der diesjährigen Arbeiten des optischen Laboratoriums. Die Untersuchungen konnten mit einer früher nicht möglichen Genauigkeit ausgeführt werden an Hand einer neuen planparallelen Platte von 1 *cm* Dicke, 4 *cm* Höhe und 30 *cm* Länge von A. Hilger (London). Das Auflösungsvermögen dieses Glasstreifens beträgt rund 660000; man vermag mithin etwa $^1/_{660}$ des Abstands der D-Linien mit ihm noch aufzulösen. Diese Platte, in Verbindung mit einer neuen, von der Firma H. Haecke (Berlin) hergestellten 3 *mm* dicken Platte von vordem nicht erreichter Güte ermöglicht die Erzeugung von Interferenzpunkten von ausgezeichneter Auflösungskraft und Dispersion.

2. Wellenlängen der Trabanten verschiedener Spektrallinien[6]).

Es ergab sich mit der unter 1. genannten Plattenkombination, daß die Quecksilberlinien eine kompliziertere Struktur besitzen als früher angegeben wurde, insofern als einzelne, seinerzeit für einfach gehaltene Trabanten sich jetzt als mehrfach herausstellten. Daß hierbei falsche Linien („Geister") mit im Spiel sind, ist ausgeschlossen, da man in den Interferenzpunkten ein Kriterium zur Unterscheidung wahrer und falscher Linien besitzt. Die Untersuchungen hierüber sind noch nicht abgeschlossen. Beendigt wurden aber dieselben Messungen an Hand der alten planparallelen Platten, welche sich auf Linien von Hg, Cd, Zn und Bi erstreckten; die Resultate sind veröffentlicht (Anh. Nr. 23).

3. Messung von ϵ/μ an Hand des Zeeman-Effekts[7]).

Die unter 1. genannte Plattenkombination ist für die Untersuchung des Zeeman-Effekts in schwachen Magnetfeldern sehr geeignet. Die bisherigen Untersuchungen des Zeeman-Effekts beziehen sich alle auf hohe Werte der magnetischen Feldstärke (meist von

[1]) E. Ladenburg und E. Lehmann, *Ann. d. Physik* **21.** *S. 305. 1906.*

[2]) Dargestellt durch Erhitzen von $KClO_3$, über festes KOH und P_2O_5 und über den Ozonapparat in die Absorptionsröhre geleitet.

[3]) Was aus den Dichte- und Druckmessungen der Hrn. Ladenburg und Lehmann gefolgert werden kann, ist eine andere Frage, mit welcher wir uns hier nicht zu beschäftigen haben.

[4]) v. Steinwehr.

[5]) Gehrcke, v. Baeyer.

[6]) Gehrcke, v. Baeyer.

[7]) Gehrcke, v. Baeyer.

vielen Tausend Gauß), und es treten hier Anomalien an vielen Spektrallinien auf, über welche die Theorie keine Rechenschaft gibt. Es konnte gezeigt werden, daß in sehr schwachen Feldern (etwa 500 Gauß) diese Anomalien fehlen, hier bilden alle Spektrallinien sogenannte normale Triplets (Anh. Nr. 25).

Die an einzelnen Trabanten und Hauptlinien des Quecksilbers angestellten Messungen von ε/μ ergaben aber, daß diese für die einzelnen Linien verschiedene, individuelle Werte besitzen. Keine der gefundenen Größen ergab die spezifische Ladung des Kathodenstrahlteilchens, vielmehr waren alle beobachteten Zahlen größer, und lagen zwischen ca. 2,00 und $3{,}00 \cdot 10^{-7}$ abs.

Ebensowenig wie diese Zahlen steht die Beobachtung, daß keine merkliche Dissymmetrie in schwachen Feldern auftritt, mit den bisherigen Folgerungen der Theorie im Einklang. Auch die Linien anderer Stoffe, z. B. Argon, weisen Abweichungen von dem durch die Theorie angezeigten Verhalten auf. Die Messungen hierüber sind noch nicht abgeschlossen.

4. Interferenzen planparalleler Platten im kontinuierlichen Spektrum[1].

Die genaue Kenntnis der Wellenlängen einzelner Spektrallinien wird für die verschiedensten Zwecke der Physik und der Präzisionsmessung zu einem immer mehr wachsenden Bedürfnis. Insbesondere wäre es erwünscht, die von Rowland aufgestellte Tabelle der Fraunhoferschen Linien des Sonnenspektrums zu korrigieren oder eine neue Skale von neben einander liegenden Wellenlängen im ganzen Spektrum aufzustellen.

Es wurde eine Methode ausgearbeitet, die zur genauen Messung der Fraunhoferschen Linien geeignet erscheint und die auf der Erzeugung von Interferenzen hohen Gangunterschieds im kontinuierlichen Spektrum beruht. Die zur Entstehung dieser Interferenzen notwendigen Bedingungen und die Eigenschaften derselben wurden eingehend studiert (Anh. Nr. 24).

5. Anodenstrahlen[2].

Es wurde gefunden, daß eine heiße Salzanode im hohen Vakuum Geißlerscher Röhren Strahlen aussendet, die positiv geladen sind (Anh. Nr. 27). Mit niedrigen Spannungen (110 Volt und darunter) erzeugt, bilden die Strahlen eine leuchtende, von der Anode ausgehende Fackel, deren Spektrum das Linienspektrum des Metallions ist, welches in der Anode enthalten ist. Mit hohen Spannungen und im höchsten erreichbaren Vakuum ist die Strahlenbahn selbst gar nicht oder nur sehr schwach sichtbar, dagegen aber erregen die Strahlen Fluoreszenz an festen Körpern, auf die sie auftreffen. Die Fluoreszenzfarbe enthält das Linienspektrum des Metallions, welches im Fluoreszenzschirm enthalten ist, und stimmt in den bisher untersuchten Fällen überein mit der von Kanalstrahlen erregten Fluoreszenz. Die Untersuchungen dieser Anodenstrahlen, die u. a. für die Theorie des Lichtbogens (Effektbogenlampen u. s. w.) von Wichtigkeit zu sein scheinen, sind noch nicht abgeschlossen.

(Fortsetzung folgt.)

Referate.

Das neue Observatorium am Ebro.

Von R. Cirera, S. J. *Mémoires de l'observatoire de l'Ebre, Nr. 1. Barcelona, Gustavo Gili 1906.*

Als eines der Zeichen für das in den letzten Jahren mehr und mehr zunehmende Interesse für die Vorgänge auf der Sonne und deren Zusammenhang mit irdischen Erscheinungen ist die Gründung des neuen *„Observatorio del Ebro"* seitens der Jesuiten zu betrachten. Den näheren Anlaß hierzu gab die Sonnenfinsternis am 30. August 1905, in deren Totalitätszone das Observatorium errichtet wurde. Dasselbe liegt (geogr. Länge 1^m $58{,}5^s$ östl. v. Greenw., Breite 40° 49′ 14″) zwei Kilometer nordwestlich von Tortosa, 20 Kilometer von der Ebromündung entfernt, auf einem Hügel, der sich 40 *m* über die Tiefebene erhebt. Die Station befindet sich weit von allen Industriestätten entfernt inmitten eines Ackerbau treibenden Landes und ist daher vor den die erdmagnetischen Messungen gefährdenden

---

[1]) Gehrcke, Reichenheim.

[2]) Gehrcke, Reichenheim.

elektrischen Straßenbahnen sicher. Die Ausrüstung des Observatoriums, deren Kosten von mehreren Privatleuten bestritten wurden, gliedert sich in eine astronomische, eine geophysikalische und eine meteorologische Abteilung.

Das Hauptinstrument für die astronomischen Beobachtungen ist ein Doppelrefraktor, dessen beide Objektive 162 *mm* Öffnung haben; das für optische Beobachtungen bestimmte hat 2,4 *m*, das photographisch achromatisierte 2,1 *m* Brennweite. Mit letzterem ist ein Vergrößerungssystem verbunden, welches die Aufnahme von Sonnenbildern mit einem Durchmesser von 20 *cm* erlaubt. Ferner läßt sich ein Protuberanzspektroskop in Verbindung mit dem Refraktor verwenden. In anderen Räumen sind ein Spektroheliograph und ein großes entweder mit vier Prismen oder mit einem Rowlandschen Gitter ausgerüstetes Spektrometer aufgestellt. Für den Zeitdienst sind ein kleiner Meridiankreis von 75 *mm* Objektivöffnung, eine Sternzeituhr mit Rieflerschem Pendel sowie mehrere Pendeluhren und Chronometer für mittlere Zeit vorhanden.

Die geophysikalische Abteilung enthält Instrumente zur Beobachtung des Erdmagnetismus, der Erdströme und der seismischen Bewegungen. Eine Anzahl der erdmagnetischen und meteorologischen Instrumente sind aus Deutschland bezogen, während der größere Teil der Ausrüstung des Observatoriums französischen Ursprungs ist. In der mit allen modernen Hülfsmitteln ausgestatteten meteorologischen Abteilung sind auch die Instrumente zur Messung der Luftelektrizität sowie ein Apparat zur Aufnahme elektrischer Wellen mit großer Antenne aufgestellt; letzterer dient hauptsächlich zur Registrierung entfernter Gewitter.

Während der Sonnenfinsternis war die Sonne zwar teilweise von Wolken bedeckt, jedoch konnten immerhin zahlreiche Beobachtungen ausgeführt werden. Der vorliegende Band enthält auch noch die Berichte über die an zwölf anderen spanischen Stationen während der Sonnenfinsternis seitens der Jesuiten ausgeführten Beobachtungen. *J. H.*

Neuer Winkelspiegel für 90°.

Von Fr. Schulze. *Allg. Vermess.-Nachrichten (Liebenwerda)* **18.** *S. 157. 1906.*

Über die Zentrierung des Strahlenknotenpunkts beim Bauernfeindschen Prisma und die Anwendung auf das Doppelprisma.

Von H. Schellens. *Zeitschr. f. Vermess.* **35.** *S. 457. 1906.*

Die beiden Arbeiten mögen zusammen kurz besprochen werden, weil sie sich beide auf das vom Landmesser tagtäglich gebrauchte Werkzeug zum Abstecken rechter Winkel beziehen und der Verf. der ersten auch auf das Winkelprisma, den Gegenstand der zweiten Arbeit, eingeht.

Vor allem die große Beschränkung der Anwendung des Winkelprismas durch die Kleinheit des Gesichtsfelds in vertikaler Richtung hat Schulze (Landmesser in Stettin) zur Konstruktion seines neuen Winkelspiegels veranlaßt, dem Vorzüge vor der seitherigen Form und vor dem Winkelprisma zugeschrieben werden. Bei dem neuen Winkelspiegel (D.R.G.M. 271272) ist die seitherige freie Öffnung über den zwei Spiegeln weggelassen und dafür an beiden Spiegeln in der Mitte je ein 3 *mm* breiter, nicht belegter horizontaler Streifen des Spiegelglases angeordnet (vgl. Fig. 1). Ist das Auge 5 *cm* vom Spiegel entfernt, so übersieht man durch diesen nicht belegten Streifen einen Raum, der auf 50 *m* Entfernung schon 3 *m* Höhe hat. Der anzuwinkelnde oder einzurichtende Stab kann schärfer als bisher mit den Bildern der in der Messungslinie stehenden Stäbe zur Deckung gebracht werden, weil von diesem Spiegelbildstücke unter und über jenem direkt gesehenen Stab sich zeigen; ferner wird die Anwendbarkeit des Winkelspiegels auf nicht horizontalem Gelände beträchtlich erweitert.

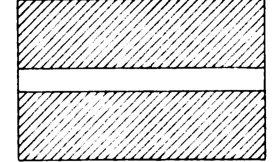


Fig. 1.

Trotz der Vorzüge, die das Winkelprisma in der Unveränderlichkeit der einmal als richtig erkannten Winkel, in der Helligkeit der Bilder, endlich in den sehr kleinen Dimen-

sionen des Instruments besitzt, hat sich doch der ältere Winkelspiegel bis heute erhalten, und er wird wohl nie verschwinden. Die Schulzesche Konstruktion ist als Verbesserung anzuerkennen.

Schellens untersucht zunächst die Lage des Knotenpunktes (Scheitel des rechten Winkels) am Winkelprisma; er liegt neben dem Prisma und zwar, wenn das Prisma so gehalten wird, daß die Hypotenusenfläche in den einen Schenkel des abzusteckenden rechten Winkels fällt (drei Lagen möglich), wenn ferner h die Höhe des Prismenquerschnitts (halbe Hypotenusenlänge) bezeichnet und der Fußpunkt von h als Koordinatenanfang, die Hypotenuse als x-Achse genommen wird, in $x = \pm 0{,}74\,h$, $y = 0{,}74\,h$, vgl. K_1 und K_2 in Fig. 2. Mit diesem Winkelscheitel K_1 oder K_2 sollte nun aber die Achse des Stabs, auf den gesetzt das Prisma fast stets und zweckmäßig gehandhabt wird, übereinstimmen. Der Verf. erreicht dies sehr einfach durch einen beweglichen Riegel, der um einen an der Fassung des Prismas ungefähr in der Mitte befindlichen Punkt drehbar ist und zu beiden Seiten an kleinen Stiften anschlägt. Die Lage „Hypotenusenfläche parallel oder senkrecht zur Messungslinie“ wird durch einen in der Verlängerung des Steckstifts oder Handgriffs befindlichen kleinen Stift erkannt.

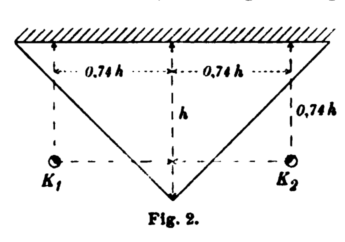


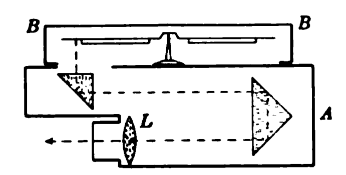
Fig. 2.

Der Verf. möchte auch am Prismenkreuz oder allgemeiner Doppelprisma die Stellung des Steckstifts oder Handgriffs verbessert sehen. Lorber hat der Bauernfeindschen Anordnung gegenüber, bei der zwei Kathetenflächen des obern und untern Prismas koinzidieren, sodaß die Hypotenusenflächen senkrecht aufeinander stehen, 1888 eine Anordnung vorgeschlagen, bei der die Hypotenusenflächen parallel und voneinander abgewandt liegen, wobei aber abermals Winkelscheitel und Aufsteckpunkt des Instruments nicht zusammenfallen; der Verf. möchte die Anordnung vorziehen, die Hypotenusenflächen des obern und untern Prismas koinzidieren zu lassen und die Prismen so gegen einander zu versetzen, daß der Scheitel des Winkels 180° mit dem Aufsteckpunkt übereinstimmt. Diese Anordnung ist wesentlich die von Bohn angegebene (*diese Zeitschr.* ***8.*** *S. 359. 1888*). *Hammer.*

Magnetischer Kollimator zur Verwandlung eines Feldstechers in ein Peilinstrument.

Von A. Berget. *Compt. rend.* ***142.*** *S. 1143. 1906.*

Die an Bord der Schiffe verwendeten Peilkompasse haben in der Regel große Dimensionen; die Ziellinie wird durch ein Diopter hergestellt. Der Verf. schlägt an ihrer Stelle vor, einen gewöhnlichen leichten Feldstecher als Peilinstrument einzurichten, indem man auf das Objektivende des einen der zwei Rohre, z. B. des linken, ein Kästchen A von der neben skizzierten Einrichtung aufsetzt. Die Bussole B ist rund, mit Teilung von 0° bis 360°; diese Teilung muß auf durchsichtigem Stoff aufgetragen sein. Wenn der Feldstecher auf Unendlich gestellt wird, so sieht man mit dem rechten Auge das Bild des angezielten fernen Punkts, mit dem linken die Striche der Bussolenteilung; da beide Bilder sich über einander legen, so kann man direkt den magnetischen Richtungswinkel der Zielung ablesen. An dem der Akademie vorgelegten Feldstecher mit dieser Einrichtung, von Mailhat angefertigt, kann man leicht auf $^1/_4$° schätzen, wenn der Feldstecher freihändig gebraucht wird. Das Kästchen A hat dabei nur 7 *cm* Länge. Der Apparat stellt ein recht vollkommenes Peilinstrument vor, und es ist bemerkenswert, daß man jeden beliebigen Feldstecher mit der Einrichtung versehen kann, auch einen mit Galileischem Fernrohr. Auch in der Topographie auf dem festen Land wird das Instrument mit Nutzen verwendet werden können; wenn es auf ein Stockstativ gesetzt wird, so kann man leicht auf 0,1° den magnetischen Richtungswinkel der Zielung ablesen. *Hammer.*



Einfache Darstellung der optischen Theorie des Porroschen Fernrohrs.

Von A. Haerpfer. *Zeitschr. f. Vermess.* **35.** *S. 298. 1906.*

Die Notiz gibt eine in der Tat überraschend einfache Ableitung der Formeln für das Porrosche Fadendistanzmesser-Fernrohr. Dieses unterscheidet sich bekanntlich vom Huygensschen Fernrohr dadurch, daß das auch hier zwischen Objektiv und Fadenebene vorhandene Kollektiv in das Objektivrohr eingesetzt ist, d. h. sich in unveränderlichem Abstand vom Objektiv befindet, während es bei Huygens im Okularauszug sitzt. Für die Hauptkonstante des Entfernungsmessers kann man bei Porro sofort auf den Fall des Ramsdenschen oder eines ähnlichen Fernrohrs mit einteiligem Objektiv (abgesehen von der Zusammensetzung aus zwei Linsen im Interesse möglichster Achromasie des Bildes) zurückgreifen, denn es ist klar, daß das Porrosche Objektivsystem durch die Äquivalentlinse ersetzt gedacht werden kann, daß also, wenn f_1 und f_2 die Brennweiten von Objektiv und Kollektiv und δ der konstante Abstand zwischen beiden ist,

$$k = \frac{f_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2 - \delta} \cdot \frac{1}{b}$$

werden muß, wenn b den Abstand der Distanzfäden bezeichnet. Aber die Betrachtung des neuen Indifferenzpunkts durch den Verf. ist für den Nachweis der Möglichkeit, die Additionskonstante $c = 0$ zu machen, weil sehr einfach, nützlich. *Hammer.*

Untersuchungen über die Vergleichbarkeit der Temperaturregistrierungen in der freien Atmosphäre, mit experimenteller Bestimmung der Trägheitskoeffizienten der verschiedenen Thermographen.

Von A. de Quervain. *Beitr. z. Physik d. freien Atmosphäre* **1.** *S. 163. 1906.*

Die von der internationalen Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt veranstalteten Simultanbeobachtungen der höhern Luftschichten haben eine ganze Reihe hochwichtiger Resultate zutage gefördert, deren Bedeutung jedoch manchmal dadurch etwas eingeschränkt wurde, daß man über den Grad ihrer Genauigkeit verschiedener Meinung sein konnte. Eine orientierende Untersuchung über die in Betracht kommenden Fehlermöglichkeiten, über die Vergleichbarkeit und über die Zuverlässigkeit der einzelnen Registrierungen war daher äußerst wünschenswert. Von dieser umfangreichen Aufgabe hat der Verf. einstweilen die Frage der Vergleichbarkeit der Temperaturmessungen zum Abschluß zu bringen versucht und damit die früheren Arbeiten von Hergesell und Maurer[1]) vervollständigt.

Bei den internationalen Ballonaufstiegen sind besonders folgende Thermographen benutzt worden:

1. Der kleine Bourdon-Thermograph von Teisserenc de Bort (schwach gekrümmtes Neusilber-Rohrelement von flach elliptischem Querschnitt, mit Alkohol gefüllt).
2. Das bimetallische Lamellenthermometer nach Teisserenc de Bort (kreisförmig gekrümmte, aufeinander gelötete Streifen von Messing und Stahl).
3. Der Rohrthermograph nach Hergesell (Neusilberrohr auf einem Nickelstahlblock[2])).
4. Der Bimetall-Thermograph nach Assmann (Kupfer-Nickelstahl).
5. Der Bimetall-Thermograph nach Kusnetzow (Messing-Nickelstahl, S-förmig gekrümmt).

Die Angaben der drei zuerst genannten Instrumente konnten rein empirisch verglichen werden, da bei mehreren Aufstiegen System 1 und 2 bezw. 2 und 3 gleichzeitig emporgeschickt waren. Die beiden ersten Instrumente zeigten eine so gute Übereinstimmung, daß Temperaturreihen, bei denen nur diese zwei Modelle benutzt sind (Observatorium

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **25.** *S. 118. 1905.*

[2]) Vgl. *diese Zeitschr.* **23.** *S. 312. 1903.*

zu Trappes) als homogen betrachtet werden können. Weniger klar waren die Beziehungen zwischen den Instrumenten 2 und 3. Das Rohrthermometer gibt durchschnittlich um 0,6° niedrigere Werte als das bimetallische Lamellenthermometer, jedoch zeigt es — obgleich es empfindlicher ist — bei Temperatursprüngen (Inversionsschichten) meist kleinere Amplituden. Die sehr eingehende Diskussion dieses Punktes führt Hrn. de Quervain dazu, den Grund hierfür in der Trägheit des Übertragungsmechanismus des Rohrthermometers zu suchen (200—300-fache Übersetzung). Spezifische Konstruktionsfehler ließen sich für keine von beiden Typen auffinden.

Die experimentelle Vergleichung der Empfindlichkeit sämtlicher dem Verf. zur Verfügung stehender Thermographen geschah in der bekannten Weise durch Bestimmung des Trägheitskoeffizienten bei annähernd gleichem Druck; es wurden also die Thermographen zunächst erwärmt, dann durch einen Ventilationsstrom von konstanter Temperatur und Geschwindigkeit abgekühlt und daraus die Abkühlungsgeschwindigkeiten bestimmt. Die Ventilationsgeschwindigkeit wurde teils an einer Stauscheibe nach Recknagel, teils an einem Pneumometerkopf nach Krell mit einem besonders hierfür konstruierten, zweischenkligen Mikromanometer gemessen.

Von den zahlreichen Resultaten, welche sich u. a. auch auf die Berechnung der äußern Wärmeleitungsfähigkeit der verschiedenen Thermographen, auf den Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit, auf die Bedeutung der Orientierung zum Luftstrom für die Empfindlichkeit, auf den Nutzen eines vorgeschalteten Trichters für die Verstärkung des Luftstroms beziehen, verdient die Untersuchung über die Abhängigkeit des Trägheitskoeffizienten von der Ventilationsgeschwindigkeit besondere Beachtung. Nach de Quervain ist der Trägheitskoeffizient ungefähr umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Ventilationsgeschwindigkeit.

Schließlich sind einige allgemeine Bemerkungen über die Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit der instrumentellen Angaben der Registrierballons von Interesse. Der Verf. schätzt den mittleren Fehler der einzelnen Registrierungen für Luftdruck auf ± 2 *mm*, für Temperatur auf $\pm 2°$; die Temperaturgradienten für Höhenschichten von 1000 *m* sind also bis auf wenige zehntel Grad sicher. *Sg.*

Über die Flüssigkeitswärme des Wassers und das mechanische Wärmeäquivalent.

Von C. Dieterici. *Ann. d. Physik* **16.** *S. 593. 1905.*

Die mit Unterstützung der Jubiläumsstiftung der deutschen Industrie ausgeführte Untersuchung hatte ursprünglich nur den Zweck, die Abhängigkeit der spezifischen Wärme des flüssigen Wassers von der Temperatur zwischen 100° und 300° zu ermitteln. Durch die Meßmethode war es jedoch gegeben, daß auch das Gebiet zwischen 0° und 100° mit in die Untersuchung einbezogen wurde. Da auch die Kenntnis der absoluten Energiewerte erwünscht ist, wurde zugleich eine Bestimmung des elektrischen Wärmeäquivalents bei 0° ausgeführt.

Als Meßinstrument diente ein Bunsensches Eiskalorimeter, das sich von dem in den früheren Arbeiten des Verfassers benutzten nur durch einen Kunstgriff unterschied, der den Fehler eines unregelmäßigen „Ganges" des Kalorimeters vor und nach dem Versuche vollständig beseitigte. Diese Unregelmäßigkeit, welche nur bei sehr kleinen Gängen auftrat, hatte ihre Ursache darin, daß das Quecksilber in der Saugspitze und das im untergesetzten Wägegläschen außer Berührung gerieten, sodaß infolge von Kapillarwirkung das Einsaugen unterblieb. Ein zwischen beiden Quecksilberkuppen überspringender Funke eines kleinen Induktoriums stellte den Kontakt und damit den normalen Gang wieder her. Als Kaloriferen dienten je nach der Temperatur verschieden weite und dickwandige Quarzröhren, die nicht ganz mit einer gewogenen Menge Wasser gefüllt und zugeschmolzen waren. Quarzröhren haben neben den Vorzügen einer geringen spezifischen Wärme, großer Homogenität und vollständiger chemischer Indifferenz gegenüber dem Wasser noch den großen Vorteil, daß man sie ohne Gefahr des Zerspringens plötzlichen Temperaturänderungen von 300° aussetzen

kann, wobei sie bei 2,5 *mm* lichter Weite und gleicher Wandstärke zugleich einen inneren Druck von 100 Atmosphären aushalten. Zum Erwärmen der Kaloriferen, die man nach Erreichung einer konstanten Temperatur schnell in das Kalorimeter einfallen ließ, dienten elektrisch geheizte Thermostaten, welche an einem Schnurlauf hängend schnell über das Kalorimeter gebracht werden konnten, um die Zeit, während welcher der Thermostat sich in der Nähe des Kalorimeters befand, möglichst abzukürzen. Für die Temperaturen von 0° bis 30° wurde die Konstanz der Badtemperatur mittels kalter Luft, die in gleichmäßigem Strome durch die elektrisch erwärmte Badflüssigkeit geleitet wurde, erzielt. Höhere Temperaturen bis 150° lieferte ein Dampfthermostat mit Rückflußkühler, während von da ab bis 300° die siedenden Flüssigkeiten selbst als Bäder dienten, und zwar wurden zwischen 35° und 300° die Siedepunkte von 16 Stoffen als konstante Temperaturen benutzt. Die Messung der Thermostatentemperatur geschah mit geeichten Quecksilberthermometern.

Die eben beschriebene Methode liefert nur die mittlere spezifische Wärme des Wassers, während die häufiger gebrauchte wahre spezifische Wärme erst durch Differenzbildung daraus abgeleitet werden muß, was für die Genauigkeit der so erhaltenen Werte natürlich von großem Nachteil ist.

Zunächst wurde die spezifische Wärme des benutzten Quarzes im Intervall von 18° bis 303° gemessen; für c_m (die mittlere spezifische Wärme zwischen 0° und t°) und für c_t (die spezifische Wärme bei t°) ergaben sich folgende Formeln, wenn für die Bunsensche Kalorie der Wert 15,491 *mg* Hg angenommen wird:

$$c_m = 0{,}16791 + 1{,}750 \cdot 10^{-4}\, t - 1{,}025 \cdot 10^{-7}\, t^2,$$
$$c_t = 0{,}16791 + 3{,}50 \cdot 10^{-4}\, t - 3{,}075 \cdot 10^{-7}\, t^2.$$

Darauf wurde in einer großen Zahl von Versuchen der Wert der Bunsenschen Kalorie, d. h. der mittleren spezifischen Wärme des Wassers zwischen 0° und 100°, zu 15,491 *mg* Hg ermittelt. Diese Zahl, der der Verfasser eine relative Genauigkeit von 0,05 % zuschreibt, weicht stark von den schon unter einander wenig gut stimmenden Beobachtungen von Schuller und Wartha (15,44 *mg* Hg) und Velten (15,47 *mg* Hg) ab, die bisher als grundlegende Werte angesehen wurden.

Im Anschluß hieran wurden die Versuche zwischen 0° und verschiedenen Temperaturen bis 300° ausgeführt, die folgende Formeln für c_m und c_t ergaben:

$$\text{zwischen } 35° \text{ und } 300° \quad c_m = 0{,}99827 - 5{,}184 \cdot 10^{-5}\, t + 6{,}912 \cdot 10^{-4}\, t^2,$$
$$\text{zwischen } 25° \text{ und } 300° \quad c_t = 0{,}99827 - 1{,}0368 \cdot 10^{-4}\, t + 2{,}0736 \cdot 10^{-6}\, t^2.$$

Die in den Tabellen gegebenen Zahlen zeigen gegenüber den entsprechenden Werten einer vorläufigen Mitteilung des Verfassers[1]) für c_m bis zu 1 %, für c_t sogar bis 6 % gehende Abweichungen, wofür eine Aufklärung jedoch nicht gegeben wird.

Das bekanntlich von mehreren Autoren bemerkte Minimum der wahren spezifischen Wärme wurde in der Nähe von 25° gefunden.

Die Fehlergrenze der unmittelbar beobachteten Werte c_m gibt der Verfasser im Mittel zu 0,1 % (bei höheren Temperaturen bis zu 0,5 % gehend) an, während er für die daraus abgeleiteten Werte c_t eine Fehlergrenze von 0,3 % annimmt.

Zur Festlegung des Kaloriewertes in elektrischen Einheiten wurde dann noch das elektrische Wärmeäquivalent der Bunsenschen Kalorie im Eiskalorimeter bestimmt. Orientierende Versuche ergaben merkwürdigerweise eine Abhängigkeit der Werte von der im Kalorimeter entwickelten Leistung in der Weise, daß das Äquivalent für große Effekte zu groß erschien, während bei 0,1 bis 0,2 Watt konstante Zahlen erhalten wurden. Der Verfasser schiebt diese Erscheinung darauf, daß bei höheren Stromwärmen ein merklicher Bruchteil der Energie durch die Zuleitungsdrähte nach außen hin abgeleitet werde, und verwendet deshalb zu den endgültigen Messungen nur Leistungen von 0,1 bis 0,2 Watt während 60 bezw. 30 Minuten, die ihm die Bunsensche Kalorie zu $419{,}25 \cdot 10^5$ Erg ergaben. Zum Schlusse

[1]) *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **6.** *S. 229. 1904.*

vergleicht er seine zwischen 0° und 100° liegenden Beobachtungen mit denen von Lüdin und Barnes und kommt zu dem Resultat, daß sowohl der Verlauf der Kurven als die absolute Genauigkeit den wünschenswerten Grad der Übereinstimmung besitzen. *v. St.*

Arbeiten mit dem Fizeauschen Apparat.

Von K. Scheel. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **9.** *S. 3, 24. 1907.*

(Schluß von S. 92.)

Die Messungen der absoluten Ausdehnung des Quarzringes in dem ursprünglichen Abkühlungsgefäße scheiterten, wie erwähnt, daran, daß die Bestimmung der Korrektion für die optische Veränderung der zwischen den spiegelnden Quarzflächen befindlichen Gasschicht $k = \frac{2h}{\lambda}(n_2 - n_1)$ wegen der Unsicherheit der für die Brechungsexponenten einzusetzenden Werte selbst unsicher wurde. Nachdem daraufhin das Abkühlungsgefäß zur Benutzung im Vakuum umgebaut war, lag es nahe, die Verhältnisse umzukehren und durch direkte korrespondierende Beobachtungen bei gleichbleibender Temperatur, aber bei verschiedenen Zuständen eines Gases die Korrektion k selbst experimentell zu ermitteln und hieraus die Brechungsexponenten zu berechnen. Am einfachsten werden die Bedingungen, wenn man als den einen Zustand des Gases das Vakuum wählt. Dann wird $n_1 = 1$ und somit

$$k = \frac{2h}{\lambda}(n - 1),$$

woraus sich der Brechungsexponent n bei einer beobachteten Temperatur und einem beobachteten Drucke leicht berechnet.

Diese Methode zur Bestimmung der Brechungsexponenten ist naturgemäß nicht auf Zimmertemperatur beschränkt, sondern ist unter Ausnutzung der vorhandenen Hülfsmittel mit Erfolg auch bei der Temperatur der flüssigen Luft ausgeführt worden. Außerdem wurde sie auch durch den größten Teil des sichtbaren Spektrums hindurch vorgenommen. Zu den Versuchen wurden die drei Gase Luft, Wasserstoff und Stickstoff benutzt.

Auf die Wiedergabe der Einzelbeobachtungen soll hier verzichtet werden, doch mögen die gewonnenen Resultate an Luft als Beispiel näher besprochen werden. Reduziert man die Beobachtungen bei Zimmertemperatur mittels des hier noch genügend genau gültigen Satzes vom konstanten Refraktionsvermögen auf 760 *mm* Druck und 0°, so ergeben sich in der untenstehenden Tabelle für die in der ersten Spalte stehenden halben Wellenlängen die in der zweiten Spalte aufgeführten Werte von $n - 1$, die sich durch die Dispersionsformel

$$(n - 1) \cdot 10^7 = 2870{,}5 + 16{,}23 \cdot \frac{1}{\lambda^2}$$

mit der aus der dritten Spalte erkennbaren Genauigkeit darstellen lassen.

Brechungsexponenten der Luft.

$\lambda/2$	760 *mm*; 0°		757,83 *mm*; — 192,02°		
μ	$n - 1$	Beob. — Ber. in 10^{-7}	$n - 1$	d	Beob. — Mittel
0,3528	0,000 2904	+ 1	0,001 0244	3,502	— 0,025
0,3076	2912	— 1	0277	3,529	+ 0,002
0,2890	2918	— 1	0302	3,531	+ 0,004
0,2730	2924	— 1	0322	3,522	— 0,005
0,2524	2936	+ 2	0370	3,532	+ 0,005
0,2508	2936	+ 1	0359	3,527	0,000
0,2461	2937	— 1	0370	3,536	+ 0,009
0,2356	2946	+ 2	0389	3,531	+ 0,004
0,2179	2954	— 2	0428	3,530	+ 0,003
			Mittel:	3,527	

Ein Vergleich der gewonnenen Werte mit den Ergebnissen anderer Beobachter ist aus den beiden folgenden Zusammenstellungen zu ersehen.

1. Brechungsexponent der trockenen atmosphärischen Luft für die *D*-Linie bei 0° und 760 *mm*.

Ketteler	1,0002947
Mascart	2927
Lorenz	2911
Chappuis und Rivière	2919
Benoit	2923
Kayser und Runge	2922
Perreau	2926
Scheel	2916

2. Dispersion der atmosphärischen Luft bei 0° und 760 *mm* in 10^{-7}.

Linie	$\lambda/2$ μ	Ketteler	Mascart	Lorenz	Kayser u. Runge (Formel)	Perreau	Scheel (Formel)
Li	0,3354	−10	—	−10	−10	—	−11
Cd 1	0,3219	—	− 6	—	− 7	− 9	− 8
Na	0,2947	0	0	0	0	0	0
Cd 2	0,2689	—	+11	—	+ 9	—	+ 9
Th	0,2673	+10	—	—	+ 9	—	+10
Cd 3	0,2669	—	—	—	+ 9	+ 9	+10
Cd 4	0,2543	—	+17	—	+15	+16	+16
Cd 5	0,2400	—	+26	—	+23	+25	+24
Cd 6	0,2339	—	—	—	+25	+27	+27

Der absolute Wert des Brechungsexponenten der Luft nach den vorliegenden Versuchen schließt sich somit den neueren Bestimmungen gut an; die Dispersion ist mit den sonst bekannten Beobachtungsresultaten in vollkommener Übereinstimmung.

Ähnlich gut ist die Übereinstimmung der Resultate mit denen anderer Beobachter für Wasserstoff und Stickstoff, deren Brechungsexponenten durch folgende Formeln zusammengefaßt sind:

$$\text{Wasserstoff} \quad (n-1)\cdot 10^7 = 1358{,}3 + 9{,}05\cdot\frac{1}{\lambda^2},$$

$$\text{Stickstoff} \quad (n-1)\cdot 10^7 = 2906{,}1 + 22{,}47\cdot\frac{1}{\lambda^2}.$$

Zur Vergleichung der bei der Temperatur der flüssigen Luft gefundenen Werte der Brechungsexponenten, wie sie für Luft ebenfalls in obiger Tabelle für eine Beobachtungsreihe mitgeteilt sind, liegen bisher anderweitige Beobachtungen nicht vor. Die gewonnenen Resultate erlauben aber zu prüfen, wieweit die bekannte, auch zur Reduktion der vorliegenden und früheren Versuche im beschränkten Umfange benutzte Beziehung, der Satz vom konstanten Refraktionsvermögen $\frac{n-1}{d} = \text{konst.}$, bis zur Temperatur der flüssigen Luft noch Gültigkeit besitzt.

Nehmen wir an, daß diese Gültigkeit streng erfüllt sei, so würde, wenn wir die Dichte eines Gases bei 0° und 760 *mm* Druck gleich 1 setzen, der Satz aussagen, daß für das betrachtete Gas die Beziehung

$$\frac{n_{t,p}-1}{n_{0,760}-1} = d_{t,p}$$

erfüllt sei. Es würden also in der Tabelle auf *S. 130* die Daten gegeben sein, um in jenem Beispiel für jede Spektralfarbe durch Division von $n_{t,p}-1$ durch $n_{0,760}-1$ die Größe d zu berechnen, wie sie in der 5. Spalte aufgeführt ist. Die geringen Abweichungen (Spalte 6) von

einem Mittelwert rechtfertigen, einen solchen zu bilden, der ebenfalls in jener Zusammenstellung beispielsweise aufgeführt ist.

Ein Urteil über den Gültigkeitsgrad des Satzes vom konstanten Refraktionsvermögen könnte man jetzt gewinnen, wenn man imstande wäre, den so gefundenen Werten von d direkt bestimmte Werte der Dichte des untersuchten Gases für die in Frage kommenden tiefen Temperaturen und für die beobachteten Drucke gegenüberzustellen. Entsprechende experimentelle Daten liegen für Wasserstoff von Travers und Senter, für Stickstoff von Bestelmeyer und Valentiner vor und vervollständigen die folgende Vergleichstabelle.

Gas	Temperatur °C.	Druck *mm* Hg	d aus Brechungsexponenten abgeleitet	d nach anderweitigen Beobachtungen	Abweichung in Prozent
Wasserstoff	— 192,35	759,02	3,388	3,400	— 0,37
	— 188,25	758,93	3,221	3,235	— 0,43
Stickstoff	— 189,91	762,27	3,419	3,432	— 0,41
	— 191,76	771,02	3,543	3,556	— 0,37

Die Abweichungen zwischen den auf beide Arten gefundenen Brechungsexponenten betragen also für Wasserstoff und Stickstoff etwa 4 Promille; ob sie auf Versuchsfehler hier oder dort zurückzuführen sind, oder ob die Beziehung $\frac{n-1}{d}$ = konst. tatsächlich nicht genau gilt, muß dahingestellt bleiben. Innerhalb dieser Genauigkeitsgrenze ist aber sicherlich die Gültigkeit des Satzes vom konstanten Refraktionsvermögen für Wasserstoff und Stickstoff bis zur Temperatur der flüssigen Luft hinab durch die vorliegenden Beobachtungen erwiesen.

Nimmt man nun an, daß die Beziehung auch für andere Gase bestehen bleibt, solange sie sich noch im gasförmigen Zustande befinden, so erhält man ein bequemes Mittel, aus der Beobachtung der Brechungsexponenten bei 0° und bei einer tiefen Temperatur die Dichte der Gase bei dieser tiefen Temperatur abzuleiten. Insbesondere erlauben die Beobachtungen, über die hier berichtet ist, die Dichte der Luft nahe an ihrem Kondensationspunkt abzuleiten. Zwischen — 192° und 0° ergeben danach zwei Versuchsreihen übereinstimmend den Ausdehnungskoeffizienten der atmosphärischen Luft im Mittel zu 0,003735. *Schl.*

Die Eisenlinien als Vergleichsspektrum bei relativen spektroskopischen Messungen.

Von Ch. Fabry und H. Buisson. *Compt. rend.* ***143.*** *S. 165. 1906.*

Da die von Rowland gemessenen Wellenlängen, welche bisher als Grundlage für alle genauen Spektralmessungen benutzt wurden, mit merklichen, regelmäßig verlaufenden Fehlern behaftet sind (vgl. die Referate in *dieser Zeitschr.* ***22.*** *S. 92. 1902;* ***25.*** *S. 182. 1905*), so hat eine in Oxford im September 1905 abgehaltene Versammlung von Astrophysikern den Wunsch geäußert, daß ein neues System von Normalen geschaffen werde. Die Wellenlängen-Differenz zweier aufeinander folgenden Normalen soll 5 $\mu\mu$ nicht überschreiten, was im sichtbaren und ultravioletten Spektrum zwischen 700 und 200 $\mu\mu$ mindestens 100 Linien erfordert. Diese sollen einem Bogenspektrum entnommen werden.

Diesen Wunsch haben die Verfasser durch Messung von 84 Linien zwischen 650 und 360 $\mu\mu$ erfüllt und hoffen, auch die Ausmessung von Normalen für die beiden Enden des Spektrums zu einem glücklichen Ende zu führen. Die gemessenen Normallinien gehören bis auf fünf dem Bogenspektrum des Eisens an, und zwar dient als Lichtquelle der elektrische Lichtbogen, der sich zwischen Eisenstiften von 8 *mm* Durchmesser bei 6 bis 3 Amp. bildet und von einer Akkumulatoren-Batterie von 120 Volt gespeist wird. Eine Linie kommt dem Mangan und vier dem Nickel zu, die hinzugenommen werden mußten, um die Lücken im

Eisenspektrum auszufüllen. Die Manganlinien erscheinen im Bogenspektrum des Eisens bei Anwendung von Elektroden aus käuflichem Eisen, während die Nickellinien durch einen Lichtbogen zwischen Nickelstiften erzeugt werden.

Die Linien wurden direkt mit dem grünen Quecksilberlicht einer Cooper-Hewittschen Lampe verglichen, welches seinerseits unter den gleichen Versuchsbedingungen auf die grünen und roten Kadmiumstrahlen bezogen wurde. Die Messungen erfolgten nach der von Perot und Fabry ausgearbeiteten Interferenzmethode mit den durch Luftplatten erzeugten Haidingerschen Ringen, nur mit dem Unterschiede gegen früher, daß die Beobachtungen nicht mehr direkt mit dem Auge geschehen, sondern photographische Aufnahmen gemacht und dann ausgemessen werden. Für die spektrale Zerlegung wurde ein Spektroskop mit Autokollimation und ebenem Gitter benutzt.

Jede Linie ist mehrere Male auf verschiedenen Aufnahmen gemessen worden. Dabei erreichen die Abweichungen nur in seltenen Fällen ein Milliontel des Wertes. Die folgende Tabelle enthält die Wellenlängen der Linien in $\mu\mu$ in Luft von 15° und 760 *mm* Druck unter Zugrundelegung der von Michelson und Benoît für die grüne und rote Kadmiumlinie erhaltenen Werte. Vierzehn von den Eisenlinien wurden auch schon früher von Perot und Fabry (Referat in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 125. 1904*) bestimmt. Zum Vergleich sind die damals gefundenen Werte eingeklammert in der folgenden Tabelle durch den Referenten beigefügt worden, unter Fortlassung der ersten fünf übereinstimmenden gültigen Ziffern.

360,6687	437,5939	501,2075	565,8837
364,0396	442,7318	504,9829	570,9398
367,7634	446,6558	508,3346 (45)	Ni 576,0845
372,4385	449,4576	511,0418	576,3015 (23)
375,3620	453,1159	512,7367	Ni 580,5213
380,5351	454,7857	516,7495	Ni 585,7761
384,3266	459,2661	519,2364	Ni 589,2883
386,5531	460,2947	523,2960 (54)	593,4685
390,6486	464,7439	526,6570	595,2740
393,5823	467,8858	530,2319 (21)	600,3040
397,7750	470,7290	532,4198	602,7060
402,1877	473,6788 (85)	537,1500	606,5494 (89)
407,6645	475,3147	540,5782	613,7701
411,8556	478,9660	543,4532 (25)	619,1570
413,4689	Mn 482,3524	545,5618	623,0733 (33)
414,7682	485,9759 (63)	549,7523	626,5148
419,1446	487,8229	550,6785 (83)	631,8030
423,3619	490,3327	553,5420	633,5344
428,2411	491,9009	556,9634	639,3613
431,5093	496,6107	558,6772 (75)	643,0860
435,2745	500,1883 (87)	561,5660 (57)	649,4994 (92)

Schck.

Apparat für photographische Photometrie.

Nach Bull. de la Soc. Franç. de Photographie **22.** *S. 471. 1906.*

Der *„comparateur d'impressions"* genannte Apparat ist nach Angaben H. Cousins von H. Bellieni in Nancy konstruiert.

Um die photographische Intensität zweier Beleuchtungsstärken zu vergleichen, kann man sie verschieden lang auf zwei identische empfindliche Flächen (die beiden Hälften einer Platte) wirken lassen und die Belichtungszeiten derart abstufen, daß die Schwärzungen gleich werden. Aus dem Verhältnis der Expositionszeiten läßt sich dann die aktinische Intensität ableiten.

Um z. B. die Absorption eines Mediums zu bestimmen, belichtet man mittels derselben Lichtquelle die eine der beiden empfindlichen Flächen direkt, die andere nach Einschaltung des absorbierenden Mediums.

Damit die Resultate vergleichbar seien, ist natürlich notwendig, daß die Lichtquelle während der ganzen Versuchsdauer konstant bleibt. Diese Bedingung scheint die Anwendung des Tageslichtes, welches für den Photographen gerade das größte Interesse hätte, auszuschließen. Wenn aber, wie in dem vorigen Beispiel, das Verhältnis der beiden zu vergleichenden Lichtmengen konstant bleibt, so kann der Apparat so eingerichtet werden, daß die Variationen des Tageslichtes unschädlich werden und zugleich die zur Erzeugung gleicher Schwärzungen nötigen Belichtungszeiten, ohne Probieren, durch einen einzigen Versuch erhalten werden.

Der wesentlichste Teil des Apparates (Fig. 1) sind zwei rotierende Scheiben, welche den von Scheiner in seinem Sensitometer (*diese Zeitschr. 14. S. 201. 1894*) verwandten ganz

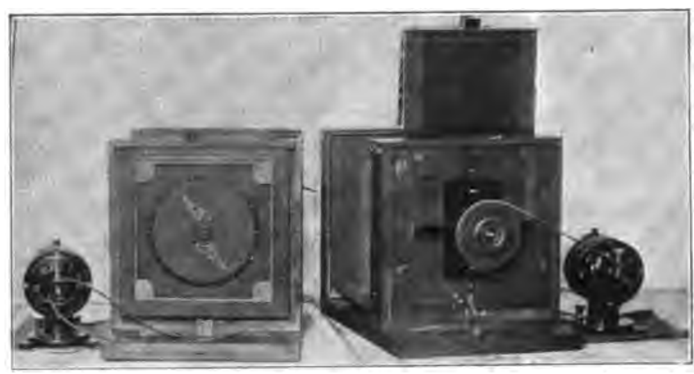


Fig. 1.

ähnlich sind. Diese Scheiben sind vor den Platten in den Kassetten zweier photographischen Kameras angebracht und werden von außen durch elektrische Motoren in Bewegung gesetzt.

Jede Kassette kann zwei 6,5×9 *cm* große Platten aufnehmen. Die Platten werden gegen Fenster gedrückt, die nur einen Teil der empfindlichen Fläche frei lassen. Die Öffnungen der Fenster werden durch zwei mit den Achsen konzentrische Kreise, welche 50 *cm* voneinander abstehen, und durch zwei Radien begrenzt, die einen Winkel von 75 Zentesimalgrad miteinander einschließen.

Die beiden rotierenden Scheiben haben jede zwei Fenster, deren Öffnungen durch zwei konzentrische Kreise, einen Radius und eine Kurve begrenzt sind, die so berechnet ist, daß die Belichtungszeiten immer doppelt so groß werden, wenn man der Achse um 1 (bei einer anderen Scheibe um 2,5) *cm* näher rückt.

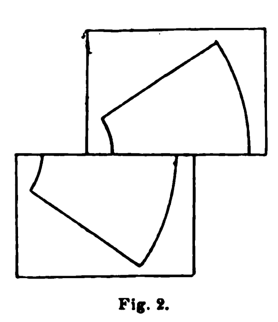


Fig. 2.

Diese Scheiben lassen sich leicht durch geränderte Muttern auf den Achsen befestigen, welche die hintere Kassettenwand durchdringen. Die Distanz zwischen Scheibe und Platte ist möglichst klein gewählt, sie beträgt etwa 1,5 *mm*.

Außen trägt jede Achse zwei Riemenscheiben. Die Achsen werden entweder jede durch einen besonderen Motor oder auch zur Erzielung gleicher Geschwindigkeiten beide mit demselben Motor angetrieben.

Nach Belichtung und Entwickelung zeigen die Platten vom Rande nach der Mitte zunehmende Schwärzungen. Zum Vergleich zweier unter verschiedenen Bedingungen belichteten Platten werden beide längs eines durch die Mitte der belichteten Fläche hindurch gehenden Radius auseinander geschnitten und dann je eine Hälfte der beiden Platten längs dieses Radius neben die andere gebracht (Fig. 2). Die Platten werden hierauf so lange gegen einander verschoben, bis gleich dunkele Stellen sich an der Trennungslinie gegenüberstehen. Der Abstand der kreisförmigen Ränder des geschwärzten Plattenteiles gibt dann das Verhältnis der Belichtungszeiten. 3 *cm* Verschiebung entsprechen z. B. dem Verhältnis $1:2^3$.

Der Apparat war ursprünglich dazu bestimmt, den Lichtverlust in photographischen Objektiven zu bestimmen. Das Objektivbrett jeder der beiden Photometerkameras ist zu dem Ende mit einem kleinen Loch versehen. In der einen Kamera bleibt das Loch frei, in der andern wird hinter demselben das zu untersuchende Objektiv angebracht. Beide Kameras werden dann auf eine gleichmäßig beleuchtete vertikale weiße Papierfläche gerichtet, welche zwei parallele schwarze Streifen trägt. Die Entfernung der Bilder dieser Streifen gibt den Reduktionsmaßstab an, welcher bei der Berechnung der Lichtmengen in Betracht gezogen werden muß.

Durch vor den Löchern angebrachte Blenden wird dafür gesorgt, daß nur das von der Papierfläche kommende Licht in die Kamera gelangt.

Über die mit Objektiven gemachten Versuche wird nicht berichtet. Der Verf. teilt nur einige Experimente mit, welche er angestellt hat, um die Grundlagen der Meßmethode zu prüfen und die an den Resultaten anzubringenden Korrektionen zu ermitteln. Da diese Versuche weniger umfassend sind als die früheren von Schwarzschild und Eder und die Resultate dieser Autoren bestätigen, können sie hier übergangen werden.

Nach den mitgeteilten Zahlen scheint die erzielte Genauigkeit nicht sehr groß gewesen zu sein[1]). Der Aufsatz *a. a. O.* ist wohl nur eine provisorische Mitteilung.

Dem Ref. scheint der Apparat insofern Interesse zu bieten, als er den Gesamtlichtverlust in photographischen Objektiven unter ganz denselben Bedingungen zu bestimmen gestattet, unter welchen die Objektive gewöhnlich gebraucht werden.

P. Culmann.

Neu erschienene Bücher.

A. Gleichen, Leitfaden der praktischen Optik. gr. 8°. VIII, 221 S. m. 158 Abbildgn. Leipzig, S. Hirzel 1906. 5,60 M.; geb. 6,50 M.

Das vorliegende Buch gibt nach dem Vorworte die Grundzüge einer Theorie der optischen Instrumente für mathematisch weniger geschulte Leser. Nach einer kurzgefaßten Übersicht der Grundgesetze der Reflexion und Brechung (Kap. 1) wendet sich die Betrachtung im Kap. 2 dem parachsialen Strahlengange durch Linsen zu. Im § 14 wird die bekannte Formel für die Brennweite einfacher dünner Linsen angegeben und durch Beispiele erläutert. Hierauf zeigt der Verf., wie, nach Bestimmung der Fokalebene mittels dieser Formel, das Bild von Punkten in- und außerhalb der Achse durch Konstruktion gefunden und der Bildabstand, sowie die Größe achsensenkrechter Bilder berechnet werden kann. Sodann betrachtet er die durch Luft getrennten Doppellinsen (§ 16 bis 19) und das allgemeine zentrierte optische System (§ 20 bis 22). Am Schlusse des zweiten Kapitels wird die Lehre von der Strahlenbegrenzung, im dritten die Dispersion behandelt.

Die Entwicklung dieser Grundzüge der geometrischen Optik ist übersichtlich und im allgemeinen, bei genügender Vorbildung, leicht verständiich. Am wenigsten gelungen ist in dieser Hinsicht die Erörterung der Vorgänge bei der Abbildung durch Doppellinsen (vgl. § 16). Wenn man den Objektpunkt allgemein als Spitze eines auf irgend eine Linse oder Fläche fallenden Lichtkegels definiert, so ist es doch wohl selbstverständlich, daß die Spitze eines vom Vordergliede auf die zweite Linse fallenden (gewöhnlich abgestumpften) Kegels als Objektpunkt in Bezug auf diese zu gelten hat. Auffallen wird es vielen Lesern, daß die meisten Formeln, z. B. die Brennweitengleichung (*S. 17*), die allgemeinen Abbildungsgleichungen von Abbe (*S. 34*) nur mitgeteilt, aber nicht bewiesen sind, bei anderen dagegen (vgl. § 15 und 18) die mathematische Entwicklung gegeben wird. Nicht einwandsfrei ist ferner die Bezeichnung mancher Größen. So wird z. B. der Objektabstand positiv gerechnet, wenn der leuchtende Punkt vor dem Flächenscheitel liegt, der Radius von Kugelflächen dagegen bei derselben Lage des Mittelpunktes negativ. Hier wäre es doch leicht gewesen, *die einzig rationelle Zählweise* (vgl. das Vorwort zum „Lehrbuche der geometrischen Optik"

---

[1]) Nach privater Mitteilung von Bellieni bleibt der Fehler der Messung unter 5%.

desselben Verfassers) konsequent durchzuführen, indem man überall bei negativen Strecken *ihre absoluten Werte*, mit denen die Geometrie ja operiert, also $-a$, $-r$ u. s. w. in die Figuren einschreibt, wie es im „Handbuche der allgemeinen Mikroskopie" von L. Dippel, 2. Auflage, *S. 28* geschehen ist. Es mußte also beispielsweise, bei Ableitung der Schnittweitengleichung für dünne Linsen (*S. 23*), in der Figur, da a und y' offenbar negativ sind, AS durch $-a$, $B'A'$ durch $-y'$ bezeichnet werden. Dann ergibt sich ohne Schwierigkeit $-y' : y = a' : -a$ oder $y' : y = a' : a$ usw. Die Zeichenregeln, nach denen bei dieser Zählweise gerechnet werden muß, sind doch von der Schule her bekannt.

Die folgenden Kap. 4 bis 8 behandeln spezieller die ophthalmologische Optik (Kap. 4), die Lupe und das zusammengesetzte Mikroskop (Kap. 5), das Fernrohr (Kap. 6), die Stereoskopie (Kap. 7) und die photographische Optik (Kap. 8). Dieser Teil des Buches wird sicher mit großem Interesse gelesen werden, so namentlich die Lehre vom menschlichen Auge, vom stereoskopischen Sehen, die Konstruktionsangaben von Lupen, Okularen und Objektiven namhafter Optiker. Die mathematischen Betrachtungen werden freilich wohl den meisten Lesern, für die das Buch berechnet ist, teilweise unverständlich sein (man vgl. z. B. § 94 bis 105). Was auf *S. 103*, Gl. 2 als Vergrößerung nach Abbe angegeben wird, ist das Vergrößerungsvermögen *eines optischen Systems* (ein Näherungswert vom Reziproken der Brennweite); die Sehwinkelvergrößerung beim subjektiven Gebrauche des Instrumentes ergibt sich daraus selbstverständlich auch bei Abbe, wie *S. 104*, durch Multiplikation mit der deutlichen Sehweite des Beobachters (M. von Rohr, Theorie der optischen Instrumente. Berlin, J. Springer 1904. 1. Bd. *S. 496—499*). Entgegen der Behauptung des Verf. auf *S. 193* bestimmt sich ferner der Krümmungsradius der Bildkurve astigmatisch korrigierter Objektive bei unendlich kleiner Öffnung und kleiner Hauptstrahlneigung nach der Petzvalschen Formel, auch wenn der Blendenmittelpunkt mit dem Zentrum der natürlichen Blende *nicht* zusammenfällt (von Rohr, *a. a. O. S. 262*).

Der Astigmatismus und die Bildfeldkrümmung werden vom Verf. nicht, wie üblich, im allgemeinen Teile, sondern im Kap. 4 und 8 behandelt, weil diese Fehler für das Auge und photographische Objektiv besonders wichtig sind. Auf die *Zentralprojektion* (Perspektive) wird in dem Buche nicht näher eingegangen. Auch vermißt man (bei ihrer Wichtigkeit für die meisten Objektive) ein *besonderes* die sphärische Abweichung betreffendes Kapitel.

Der Titel des Buches, Leitfaden der praktischen Optik, scheint nicht besonders glücklich gewählt zu sein. Denn es dient doch nicht, wie es Prechtl ausdrückt, dazu, „den Künstlern und Liebhabern, welche sich mit der Verfertigung optischer Instrumente befassen, einen Leitfaden in die Hand zu geben, der sie vollkommen in den Stand setzt, die Instrumente mit jenem Grade der Vollendung herzustellen, welche sie nach dem heutigen Zustande der Wissenschaft und Kunst erreichen können". *A. Kerber.*

A. Russell, *Treatise on the Theorie of Alternating Currents. Vol. II.* 8°. 488 S. m. Fig. Cambridge, The University Press 1906. Geb. in Leinw. 12 M.

Das vollständige Werk, 2 Bde. 1904—1906. 407 u. 488 S. m. Fig. Geb. 24 M.

W. Felgentraeger, Theorie, Konstruktion u. Gebrauch der feineren Hebelwage. gr. 8°. VI, 310 S. m. 125 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1907. Geb. in Leinw. 8 M.

Handbuch der angewandten physikalischen Chemie in Einzeldarstellungen. Hrsg. v. Prof. Dr. G. Bredig. Lex. 8°. Leipzig, J. A. Barth.

5. Bd. E. Baur, Kurzer Abriß der Spektroskopie u. Kolorimetrie. VIII, 122 S. m. 29 Abbildgn. im Text. 1907. 6 M.; geb. in Leinw. 7 M. — 6. Bd. A. Findlay, Einführung in die Phasenlehre und ihre Anwendungen. Deutsch v. Prof. G. Siebert. VII, 224 S. m. 134 Abbildgn. im Text u. 1 Taf. 1907. 10 M.; geb. in Leinwand 11 M.

W. C. D. Whetham, *Recent Development of Physical Science.* 3. Ausg. 8°. XVI, 347 S. m. Porträts, Tafeln u. Figuren. Philadelphia 1906. Geb. in Leinw. 10 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **S. Czapski**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVII. Jahrgang. **Mai 1907.** Fünftes Heft.

Die magnetischen Variationsinstrumente des Seddiner Observatoriums.

Von

Adolf Schmidt in Potsdam.

Nachdem vor kurzem der neue Registrierapparat für das magnetische Observatorium bei Seddin, das als Hülfsstation der Potsdamer Hauptanstalt dienen soll, in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 269. 1906* beschrieben worden ist, sollen nun auch die gleichfalls von der Firma O. Toepfer & Sohn gebauten Variationsinstrumente hier besprochen werden. Es sind ihrer drei: zwei unter einander vollkommen übereinstimmende Fadeninstrumente für die horizontalen Feldkomponenten (Horizontalintensität und Deklination oder Nord- (X) und Ost- (Y) Komponente) und eine Wage für die vertikale Komponente (Z). Eine äußere Gesamtansicht von beiden liefern die Fig. 1 und 2, während in Fig. 3 und 4 den innern Bau darstellende Vertikalschnitte gegeben sind.

Der leitende Gesichtspunkt bei der Aufstellung des Entwurfs der Apparate war die Forderung, daß sie bei möglichst einfacher Handhabung Angaben von exakt zu definierender und jederzeit leicht zu kontrollierender Bedeutung liefern sollen. Es war daher auf eine bequeme Zugänglichkeit aller Teile, auf einfache und systematisch durchzuführende Justierung unter zahlenmäßiger Feststellung der dafür wesentlichen Elemente und auf Einrichtungen zur bequemen und sicheren Bestimmung aller Instrumentalkonstanten auch während des laufenden Gebrauchs Bedacht zu nehmen. Mit Rücksicht darauf, daß bei dem Seddiner Observatorium von den üblichen Maßregeln zur Konstanterhaltung der Temperatur abgesehen worden ist, mußten die Instrumente gegen den Einfluß von Temperaturschwankungen durch Kompensationseinrichtungen geschützt werden. Dazu kam endlich der Wunsch, ihnen eine beliebig zu wählende, bestimmte Empfindlichkeit (beabsichtigt war eine solche von $2\,\gamma$ [$1\,\gamma = 0{,}00001$ *C.G.S.*] auf 1 *mm*) zu geben.

Den Ansprüchen auf leichte und bequeme Handhabung der Instrumente konnte nicht besser genügt werden als dadurch, daß ihre allgemeine Einrichtung so weit wie möglich dem Typus der Eschenhagenschen Feinmagnetometer angepaßt wurde. Die Erfüllung der weiteren Bedingungen machte allerdings, besonders bei dem Fadeninstrument, eine wesentliche Vergrößerung der meisten Teile erforderlich, was indessen für einen zu dauerndem Gebrauch an demselben Orte bestimmten Apparat kein Nachteil ist.

In bezug auf die magnetische Einrichtung wurde die bei der Wage schon von Eschenhagen benutzte Verbindung einer mechanischen Wirkung (hier derjenigen der Schwere, bei dem Unifilar derjenigen der Torsion eines starken Quarzfadens) mit einer magnetischen durch Deflektoren (wie sie für sich allein Lamont und, zur Erzielung sehr hoher Empfindlichkeit, Edler verwendet hat) gewählt. Wie wohl

Eschenhagen zuerst bemerkt und in anderer Weise später auch Büky mit Erfolg benutzt hat, gewinnt man durch diese Kombination den Vorteil, indem man das Verhältnis der beiden Wirkungen passend bemißt, dem Temperaturkoeffizienten des Instruments einen beliebigen Wert, insbesondere also auch den Wert Null, geben zu können. Eine eingehendere Überlegung zeigt aber leicht, daß man noch eine Variable mehr zur Verfügung hat, sodaß man imstande ist, das Instrument auch auf eine beliebige Empfindlichkeit einzustellen. Für die Messung der letzteren wurde das seit drei Jahren im Potsdamer Observatorium erprobte Verfahren, die Ablenkung der Nadel des Instrumentes statt durch einen Magnet durch einen elektrischen Strom zu bewirken, gewählt. In optischer Hinsicht war bei der geplanten, verhältnismäßig hohen Empfindlichkeit dafür zu sorgen, daß auch bei stärksten Störungen kein Verlust an Registrierung durch das Hinauswandern der Lichtpunkte über den Papierrand eintreten kann. Zu diesem Zwecke reicht die Benutzung eines doppelten Spiegels, der zwei nahezu um die Papierbreite voneinander entfernte Punkte entwirft, nicht aus. Es wurde deshalb noch ein dritter, gegen die Drehungsachse der Nadel passend geneigter Spiegel vorgesehen, der, wie man leicht erkennt, eine Registrierung von geringerer Empfindlichkeit und damit eine dritte, sicher stets innerhalb der Breite des Papiers zu haltende Kurve liefert.

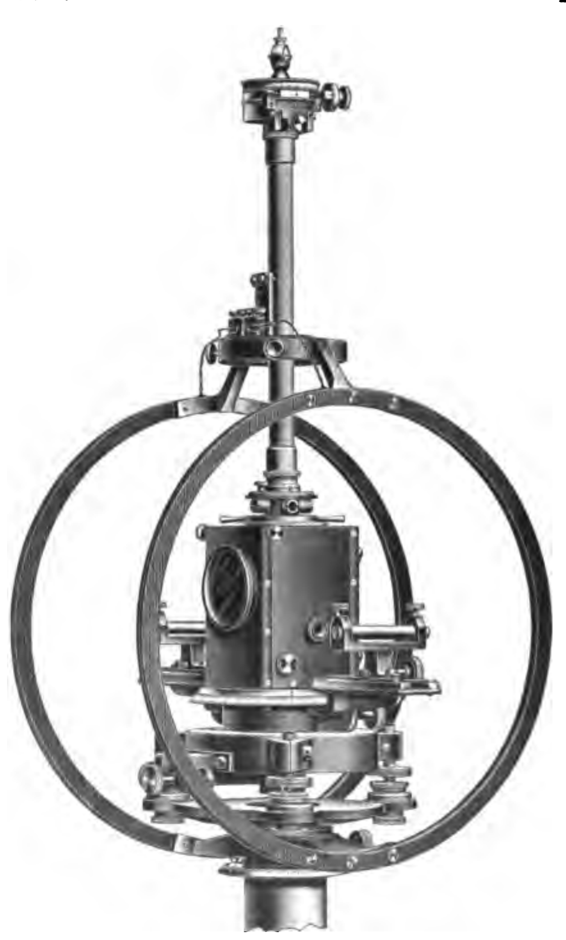


Fig. 1 ($^1/_6$ nat. Gr.).

Wie Fig. 2 erkennen läßt, steht jedes Instrument auf einem schweren Untersatze, der die Möglichkeit gewährt, es in drei aufeinander senkrechten Richtungen etwas zu verschieben, ohne seine Orientierung zu verändern. Es wird dadurch die Feineinstellung auf den Registrierapparat sehr erleichtert. Besonders wichtig ist für diesen Zweck die durch sanfte Triebbewegung ermöglichte Verschiebbarkeit in vertikaler Richtung. Die Untersätze werden durch übergreifende (in der Figur fehlende) Lappen und leicht anpressende Druckschrauben unverschiebbar mit der Platte des Pfeilers, auf der sie ruhen, verbunden. Die Beschreibung der Instrumente selbst möge nun an der Hand der Schnittzeichnungen erfolgen.

Die nivellierbare Basis des *Horizontalvariometers* wird von dem auf drei Fußschrauben ruhenden Dreifuß D gebildet, der in seinem Zentrum die Bohrung für die Achse A, den Zapfen für den Doppelträger T und den Ansatz für den fest mit ihm verschraubten Teilkreis K besitzt. Der zum Indexkreis J ausgebildete Flansch der Achse A dient als Basis für das eigentliche Instrumentengehäuse G. Dieses ist

mit ersterem konzentrisch durch Schrauben fest verbunden und kann mit ihm zusammen sowohl von Hand aus, als auch mit Hülfe der Feinbewegung *F* beliebig gedreht werden. Die Achse *A* trägt oberhalb des Flansches *J* auf dem in das Gehäuse *G* hineinragenden zylindrischen Teile die Dämpfer-Einrichtung *E*.

Der Kasten *G* birgt das Magnetsystem *M*, den zugehörigen Gegenspiegel S_1, den halbkreisförmigen Träger *H* für zwei feste Spiegel, die miteinander einen unveränderlichen Horizontalwinkel bilden, und das Bourdon-Rohr *B* mit dem Spiegel S_3 für die Temperaturregistrierung. In der Vorderwand von *G* befindet sich die Konvexlinse *L* und auf seiner Decke ist die Suspensionsröhre *N* angeordnet. Die beiden Seitenwände sind durch leicht zu öffnende Schiebetüren, die mit Bohrungen zur Aufnahme kleiner Thermometer versehen sind, staubdicht verschlossen. In ihrer obersten Stellung bei vollständig geöffnetem Kasten können die Türen festgeklemmt werden. Es sind dann alle in *G* angeordneten Bestandteile gut sichtbar und zugänglich, sodaß die an ihnen vorzunehmenden Justierungen bequem und mit Sicherheit ausgeführt werden können. Die endgültige Einstellung der Spiegel, natürlich mit Ausnahme derjenigen am Magnetsystem, läßt sich von außen, also auch bei vollständig geschlossenem Gehäuse, vornehmen. Es sind dazu die Träger für den Gegenspiegel S_1 und den Temperaturspiegel S_3 durch die Rückwand des Magnetkastens *G* hindurchgeführt und können durch entsprechend angeordnete Korrektionsschrauben in zwei zueinander senkrechten Richtungen gedreht werden. Das Einrichten der beiden festen Spiegel geschieht durch zwei Korrektionsschrauben, deren Muttergewinde sich in der Rückwand des Gehäuses befinden, und die somit eine Drehung des Trägers *H* um seine vertikale Achse ermöglichen.

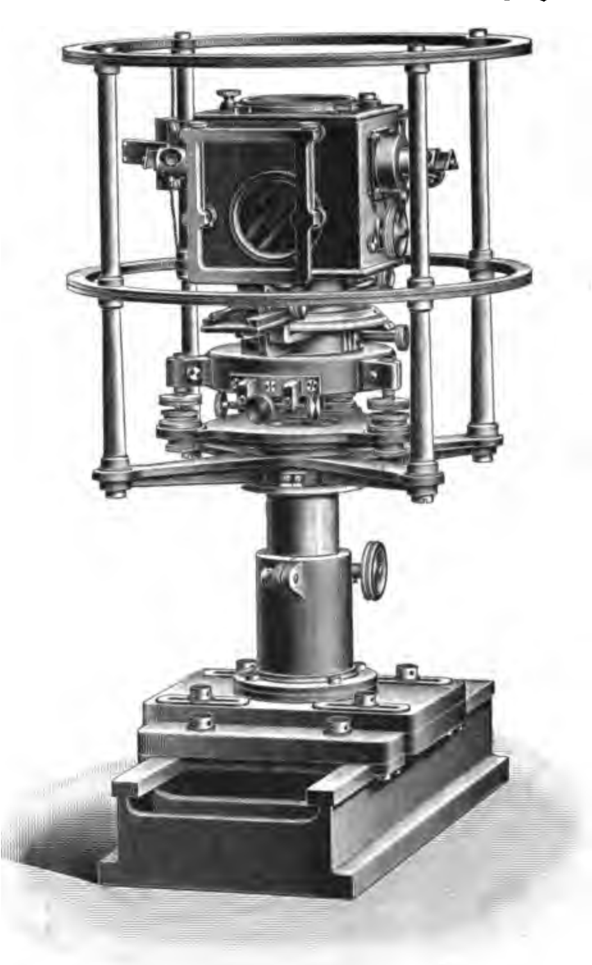


Fig. 2 (1/6 nat. Gr.).

Das Magnetsystem *M* besteht aus einem kräftigen Aluminiumträger, der oben einen Doppelhaken für die Aufhängung und unten den Magneten selbst trägt. Dieser hat die Form einer schlanken Ellipse von 50 und 10 *mm* Achsenlänge und einer Dicke von 1 *mm*. Damit man dem Magnet gegenüber seinem Spiegel jede gewünschte Orientierung geben kann, ist die ihn tragende Fassung mit einer kleinen Kreisteilung versehen, während als Index ein am Mittelkörper befestigter Zeiger dient. Durch

eine seitliche Klemmvorrichtung kann der Magnet in seiner endgültigen Stellung gesichert werden. Durch die geschilderte Einrichtung wird es möglich, die Magnetspiegel so einzustellen, daß die registrierenden Lichtpunkte eine bestimmte Lage auf dem Papier haben, wenn die magnetische Achse der Nadel ihre mittlere Stellung (z. B. beim Deklinatorium diejenige im magnetischen Meridian) einnimmt.

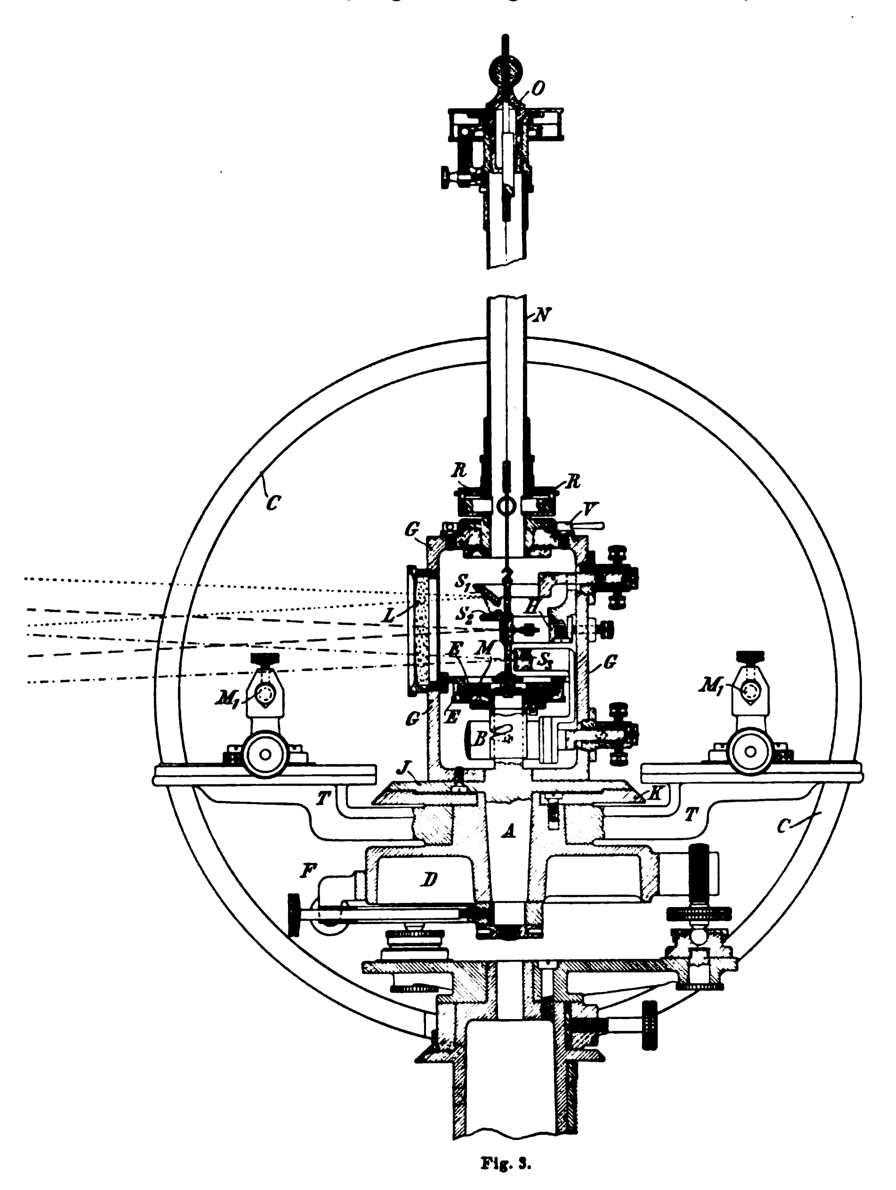


Fig. 3.

Den Spiegelträger des Magnetsystems M bildet ein mit dem stielartigen Mittelkörper fest verschraubtes und durch ein Gegengewichtchen ausbalanciertes Winkelstück. Es trägt zwei vertikal stehende Spiegel und den auf einer pultartigen Fläche ruhenden geneigten Spiegel S_2. Die beiden ersteren sind die Hauptspiegel des Instruments; ihre Auflageflächen sind um einen solchen Betrag dachartig nach außen gegen einander geneigt, daß die von ihnen entworfenen Spaltbilder in der Entfernung der Walze einen bestimmten, hinter der Papierbreite zurückbleibenden Abstand und dabei gleiche Höhe haben. Der Spiegel S_2 ruft in Verbindung mit dem schon er-

wähnten festen Spiegel S_1 ein Spaltbild hervor, dessen Winkelgeschwindigkeit kleiner ist als diejenige der von den vertikalen Spiegeln entworfenen Bilder. Diese Winkelgeschwindigkeit ist nämlich, wie man leicht einsieht, dem Sinus des Winkels proportional, den die Spiegelnormale mit der vertikalen Drehungsachse des Magnetsystems bildet. Das von S_1 zurückgeworfene Lichtbündel beschreibt bei der Drehung des Magnets einen Kegelmantel, sodaß dabei das Spiegelbild am Orte der Zylinderlinse (oder des vor dieser befindlichen Prismas) seine Höhe ändert. Diese Änderung bleibt indessen bei den gewählten Dimensionen der Registriereinrichtung innerhalb zulässiger Grenzen, sodaß das Lichtbündel an jeder Stelle noch voll auf die Linse fällt, wenn es in seiner durchschnittlichen Lage durch entsprechende Einstellung von S_1 zentral darauf gerichtet wird. Noch auf einen weiteren Umstand ist in optischer Beziehung hinzuweisen. Die registrierenden Lichtpunkte sind im Sinne der Ordinatenrichtung (die bei der Registrierung horizontal verläuft) Bilder des vor der Lampe befindlichen Spaltes, entworfen durch die Linse *L*. Im Sinne der die Zeit messenden Abszissenrichtung sind sie dagegen Bilder der oberen und unteren Grenzlinie der Spiegel, die durch die Zylinderlinse entworfen werden. Sollen die zu demselben Augenblick gehörigen Punkte genau neben einander liegen, mit andern Worten, sollen sie im Sinne der Zeitachse keine Parallaxe besitzen, so müssen sich daher auch die Schwerpunkte der Spiegelflächen in gleicher Höhe befinden. Bei der großen Zahl der Spiegel hätte sich dies indessen ohne eine übermäßige Vergrößerung der Linse *L* schwer erreichen lassen. Die Hauptspiegel — die beiden festen und die beiden vertikalen beweglichen — sind jedoch in dieser Weise angeordnet, sodaß nur der Temperaturpunkt und der die unempfindliche Registrierung bewirkende Punkt eine geringe, ein für alle Mal festzustellende Parallaxe haben. Bei dem ersteren darf diese mit Rücksicht auf die langsame Änderung der Temperatur unbeachtet bleiben, und bei dem letzteren, der nur als Ersatz in Betracht kommt, wenn bei sehr starken Störungen beide Hauptpunkte über den Papierrand hinausgehen sollten, ist schon in Hinblick auf diese seltene Verwendung die dann nötige Berücksichtigung der Parallaxe kein störender Übelstand.

Die Kupferdämpfung *E* besteht aus einer zweiteiligen Kapsel, deren selbst wieder aus zwei seitlich herausschiebbaren Stücken gebildeter Deckel in fester Höhe im Gehäuse *G* angeordnet ist. Dem Bodenstück kann dagegen mit Hülfe eines Schneckenganges ein wechselnder Abstand von der Magnetlamelle gegeben werden, dessen Wert in Millimeter an einer vergrößerten Teilung am Rande des drehbaren Stücks abgelesen werden kann. Der Magnet kann so eng von der Kapsel umschlossen werden, daß allseitig nur ein Spielraum von 1 *mm* bleibt. Andererseits läßt sich aber der Dämpfer auch vollständig aus dem Gehäuse entfernen.

Die Arretierung *R* der Suspension erfolgt in der üblichen Weise durch zwei gegenüberstehende und mit Hülfe einer Schnecke gegen die untere Fadenklemmung zu führende Kolben, deren Angriff durch zwei kleine Fenster beobachtet werden kann. Die gewählte Stellung der Arretierungsklemme wird durch die Schraube *V* gesichert.

Der Torsionskopf *O* ist durch die Suspensionsröhre *N* mit der Arretierung *R* verbunden und trägt zentral die in bekannter Weise ausgebildete obere Fadenklemme. Die Verdrehung des Fadens kann sowohl von Hand aus als auch mit Hülfe einer Tangentialschraube geschehen, deren Teiltrommel eine unmittelbare Ablesung der Torsion auf Minuten mit Schätzung der Zehntelminuten gestattet. Die so ermöglichte, ungewöhnlich feine Bestimmung des Torsionswinkels ist deshalb nötig, weil die

Torsion unter Verwendung stärkerer Fäden zur exakten Messung der auftretenden magnetischen Drehungsmomente, nicht nur ihrer Variationen, benutzt werden soll.

Der doppelarmige Träger T dient zur Aufnahme der auf kleinen Schlitten montierten Lager für die Kompensationsmagnete oder Deflektoren M_1. Diese Schlitten können durch eine Triebvorrichtung in verschiedene, an einer Skale abzulesende Entfernungen von der Achse des Instruments gebracht werden. Der Träger T ist drehbar, sodaß er in azimutaler Beziehung jede Lage gegenüber dem Magnetsystem M annehmen kann. Die jeweilige Stellung ist mit Hülfe eines Index an dem in ganze Grade geteilten Teilkreis K abzulesen.

Eine wesentliche Voraussetzung für die erstrebte genaue Temperaturkompensation ist die stete Übereinstimmung der Temperatur der Ablesungsmagnete M_1 mit derjenigen der Nadel M. Um diese zu sichern, ist mit Rücksicht auf die Möglichkeit einer merklichen Temperaturschichtung in dem abgeschlossenen Raum, in dem die Instrumente aufgestellt sind, besonderer Wert darauf gelegt worden, daß sich alle Magnete in der gleichen Höhe befinden. Außerdem sind die Ablenkungsstäbe von Messinghülsen umgeben, damit sie sich, so weit wie möglich, unter den gleichen äußeren Bedingungen befinden, wie die innerhalb des Messinggehäuses G schwebende Nadel.

Zur Aufnahme der Drahtleitung für die galvanische Skalenwertbestimmung dient das Ringsystem C, das an einem um den Stativkopf drehbaren und in jeder Stellung klemmbaren Träger montiert ist. Die beiden Ringe, deren Abstand natürlich zur Erzielung eines homogenen Feldes am Orte der zentral zu ihnen liegenden Nadel gleich ihrem Radius gewählt ist, sind auch oben durch eine die Suspensionsröhre frei hindurch lassende Brücke verbunden, die die Unveränderlichkeit ihrer gegenseitigen Lage sichert und die zugleich die für die Stromzuführung erforderliche Klemmenmontierung trägt. Die weitere Strombahn besteht aus einem nach der Decke des Zimmers und an dieser entlang führenden gedrehten Doppelleiter.

Der Unterbau des *Vertikalvariometers* ist in gleicher Weise wie bei dem soeben beschriebenen Instrument ausgeführt; nur ist der oberhalb des Flansches mit dem Indexkreise J befindliche Teil des Achsenkörpers A als Büchse ausgebildet, die dem zur Temperaturregistrierung dienenden Bourdon-Rohr B Platz bietet. Der zu einer rechteckigen Fläche ausgestaltete Flansch N bildet den Boden des auf ihm ruhenden und mit ihm verschraubten Gehäuses G. In der Vorderwand von G ist wieder die Linse L, in der Rückwand sind die Träger für den Gegenspiegel S_2 und das Bourdon-Rohr B sowie der Träger H für die beiden festen Spiegel mit den bei dem Horizontalvariometer beschriebenen Justiervorrichtungen angeordnet. Den Deckel des Gehäuses bildet die Platte U; diese ist mit einer möglichst weiten, zentrischen Öffnung versehen, die das Innere des Gehäuses bequem zugänglich macht und durch eine in ein Lorgnettenstück gefaßte Glasplatte verschlossen wird.

Auf dem Boden des Gehäuses ist das totalreflektierende Prisma P derartig montiert, daß es von außen her durch die Schraube O um eine horizontale, zur Registrierrichtung senkrechte Achse gedreht werden kann, wodurch die Justierung des von den Hauptspiegeln des Magnetsystems zurückgeworfenen Lichtbündels nach der Höhe ermöglicht wird. Die beiden Seitenwände des Gehäuses G tragen je ein kräftiges Winkelstück, dessen horizontaler, nach der Mitte des Instruments zu laufender Schenkel auf der einen Seite die beiden Achatlager für die aus einem Stück gearbeitete Schneide des Magnetsystems M, auf der andern prismatische Führungsnuten für die Arretierung enthält. Die Lager sind nach einem gelegentlich von J. Edler gemachten und bereits an der registierenden Wage des Potsdamer Observatoriums

erprobten und bewährt gefundenen Vorschlage sattelförmig gestaltet, sodaß die Schneide jedes Lager in einem Punkte (einem sogenannten hyperbolischen Punkte im Sinne der allgemeinen Flächentheorie, und zwar längs der Tangente in dem nach oben konvexen Hauptschnitt) berührt. Der Arretierungswinkel ist auf einem vertikalen Schlitten montiert und kann mittels eines schwachen Exzenters sanft ein wenig gehoben und wieder gesenkt werden. Eine Verschiebung des Magnetsystems in der Richtung der Schneide und damit eine Fehlerquelle, die selbst bei sehr geringer Abweichung der Schneidenkante von einer Geraden recht störend auftritt, wird durch zwei Schräubchen verhindert, deren schlanke Spitzen soweit gegen einander geführt werden, daß sie die Schneidenenden im arretierten Zustande zart berühren. Die

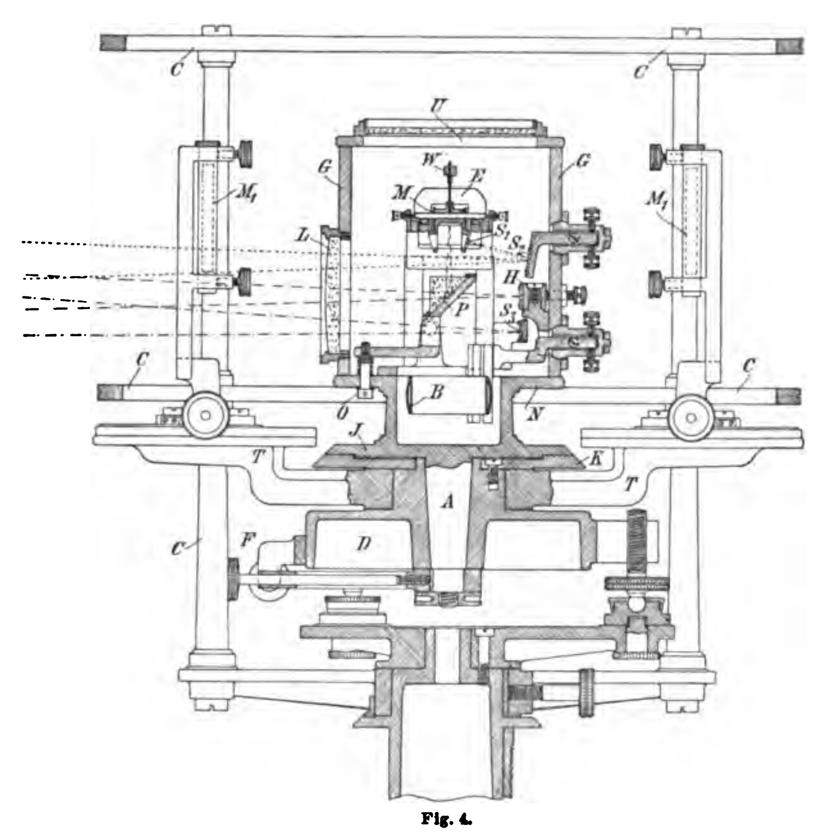


Fig. 4.

Endflächen des prismatischen Schneidenkörpers sind ein wenig schräg geschliffen, sodaß beim Aufsetzen des Systems auf die Achatlager ein Zwischenraum zwischen ihnen und den Spitzen entsteht, der dem System die freie Beweglichkeit um seine horizontale Drehungsachse sichert.

In der Höhe des Magnetsystems tragen die Seitenwände des Gehäuses ferner die Montierungen für die Dämpfung *E*. Diese besteht jederseits aus einem massiven, der Form des Systems entsprechend ausgearbeiteten Kupferklotze, der den Kopf eines prismatischen Führungsschaftes bildet. Mit Hülfe von Zahn und Trieb kann dieser Schaft verschoben und dadurch der Dämpfer innerhalb gewisser Grenzen in jede beliebige, an einer Skale ablesbare Entfernung von der Mitte des Magnets gebracht werden. Es wird dadurch nicht nur eine Einstellung der Dämpfung auf wechselnde Beträge, sondern auch die Verwendung von Magnetsystemen verschiedener Länge bis zu einer solchen von 100 *mm* ermöglicht. Allerdings war von vornherein be-

absichtigt gewesen, dem Wagemagnet dieselben Abmessungen zu geben wie den Nadeln der Unifilare. Eine entsprechende Verkleinerung des die Spiegel und Justierschräubchen tragenden Mittelstücks war aber ausgeschlossen, und es mußte daher mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß die Verringerung der magnetischen Richtkraft bei nahezu unverändertem Betrage der mechanischen Störungsquellen (Reibung, Wirkung von Luftströmungen u. a. m.) den Gang des Instruments merklich beeinträchtigen könnte. Diese Befürchtung, die inzwischen durch die Erfahrung als unbegründet erwiesen worden ist, ließ es zweckmäßig erscheinen, die Einrichtung so zu treffen, daß nötigenfalls nachträglich ein Wagemagnet von den bereits durch vielfache Erfahrung bewährten Dimensionen eingeführt werden konnte.

Das im vorhergehenden bereits mehrfach erwähnte, ziemlich gedrungene Magnetsystem M besteht aus einem sehr kräftigen Aluminiumträger, in dem die Achatschneide ihrer ganzen Länge nach gefaßt ist. Auf jeder Seite ist eine elliptische Magnetlamelle von derselben Länge und Stärke wie die Nadeln der Unifilare aufgeschraubt. Die Breite mußte, um eine sichere, mit den übrigen Einrichtungen des Trägers vereinbare Befestigung zu ermöglichen, etwas größer als dort gewählt werden. An der Unterseite des Trägers zwischen zwei vertikalen Ausläufern, von denen der vordere nur der Symmetrie wegen angebracht ist, liegen die beiden Hauptspiegel des Systems, die wie beim Unifilar eine geringe Neigung gegen einander besitzen, um wie dort zwei bewegliche registrierende Lichtpunkte zu liefern. Der rückwärts gelegene vertikale Ausläufer trägt einen schräg gestellten Spiegel S_1, der wiederum in ganz analoger Weise wie bei den Horizontalvariometern zusammen mit S_2 einen Punkt mit geringer Geschwindigkeit auf dem Registrierzylinder entwirft.

Das auf einer vertikalen Spindel fein verschraubbare Gewichtchen W ermöglicht in üblicher Weise die Einstellung der Empfindlichkeit auf jeden gewünschten Betrag, während zwei horizontale, in der Mitte zwischen den Magnetlamellen verlaufende Gewindespindeln die zur Herstellung einer annähernd horizontalen Lage des Magnetsystems erforderlichen Justiergewichtchen tragen. Außerdem ist noch eine Einrichtung vorhanden, die gestattet, dem gemeinsamen Auflagestück der beiden Hauptspiegel eine Drehung um eine zur Schneide parallele Achse zu geben und dadurch die registrierenden Punkte bei genau horizontaler Lage der magnetischen Achse auf einen gewünschten mittleren Ort einzustellen. Die dabei nicht zu umgehende Komplikation der Anordnung läßt es allerdings fraglich erscheinen, ob es nicht vorzuziehen ist, die gewünschte Einstellungsmöglichkeit einfacher (wenn schon innerhalb engerer Grenzen) dadurch zu erreichen, daß man das Prisma um eine vertikale Achse drehbar macht. Die Einrichtung ist deshalb in Fig. 4 weggelassen.

In gleicher Weise wie bei dem Fadeninstrument sind auf dem drehbaren Doppelträger T die verschiebbaren und sonach in verschiedene Entfernung vom Wagemagnet zu bringenden Halter der Kompensationsmagnete angebracht, die hier natürlich vertikal stehen. Es sind ihrer auf jeder Seite zwei, im ganzen also vier, einmal, weil hier wegen der Größe der erdmagnetischen Vertikalkomponente ein stärkeres kompensierendes Feld nötig werden kann, dann aber auch aus konstruktiven Gründen, um die zum Wagemagnet transversale Stellung von T benutzbar zu machen. Bei dieser würde ein einzelner Magnet die Linse zum Teil verdecken.

Das Ringsystem C zur galvanischen Skalenwertbestimmung ist hier natürlich horizontal montiert, was einige leicht ersichtliche Änderungen seiner äußeren Anordnung bedingt. Seine Größe und seine Lage zum Magnetsystem ist aber dieselbe wie bei dem Unifilar. Wenn beliebig viele dieser Instrumente in Reihe geschaltet

werden, sodaß unter Voraussetzung guter Isolation der verbindenden Leitungen ein und derselbe Strom durch alle hindurchgeht, so ist deshalb in allen das am Ort der Nadel entstehende Feld das gleiche und bei korrekter Stellung senkrecht zu dieser, also auch die entstehende Ablenkung proportional der Empfindlichkeit jedes Instruments. Ist eins davon ein Deklinatorium mit bekanntem Skalenabstand, so erhält man die Empfindlichkeit nicht nur relativ, sondern auch absolut. Dasselbe ist unter Berücksichtigung der Dimensionen der Drahtringe und, streng genommen, auch der Nadel natürlich auch zu erreichen, wenn man die Stromstärke, etwa durch ein hinreichend zuverlässiges Milliamperemeter, mißt. Eine kleine Korrektion wird übrigens noch durch die Induktion bedingt, die die Kompensationsmagnete, und zwar je nach ihrer Lage in wechselndem Maße, durch den zur Ablenkung benutzten Strom erfahren.

Auf die *Theorie der Instrumente* und die daraus unmittelbar folgenden Vorschriften für ihren Gebrauch näher einzugehen, ist hier nicht der Ort. Ich beschränke mich deshalb auf eine möglichst kurze, vereinfachte Darstellung, die ausreichen wird, um die beschriebene instrumentelle Einrichtung weiter zu erläutern und zu begründen.

Es sei bei dem *Unifilar* das magnetische Moment der Nadel M, die Intensität des Feldes der Deflektoren am Orte der Nadel F und die Direktionskraft der Torsion des Aufhängefadens θ, und zwar sämtliche Größen gemessen bei einer gewissen Temperatur t_0. Bei einer anderen Temperatur $t = t_0 + \Delta t$ treten an die Stelle dieser Werte die etwas geänderten $M(1 - \alpha\,\Delta t)$, $F(1 - (\alpha' + 3\,\beta)\,\Delta t)$, $\theta\,(1 + \gamma\,\Delta t)$, worin α den Temperaturkoeffizienten der Nadel, α' den der Ablenkungsmagnete und γ denjenigen der Torsionselastizität des Quarzes bezeichnet, während β der Ausdehnungskoeffizient des Messings ist, aus dem die Deflektorenschiene besteht.

Die Ablenkung der Nadel aus dem mittleren magnetischen Meridian, positiv von Nord über Ost gezählt, sei ν und ν_0 der Mittelwert von ν, sodaß $\Delta\nu = \nu - \nu_0$ zur Messung der Variationen derjenigen terrestrischen Feldkomponente dient, die auf der durch ν_0 definierten Richtung senkrecht steht. (Es entsprechen demnach, wenn δ die mittlere Deklination bezeichnet, die Werte 0, $-\frac{\pi}{2}$, $-\delta$ und $-\frac{\pi}{2} - \delta$ von ν_0 der Variationsmessung bei der Deklination, der Horizontalintensität, der X- und der Y-Komponente.)

Die Feldrichtung der Deflektoren weiche vom magnetischen Meridian um den Winkel φ ab, und der Torsionskopf stehe so, daß der Torsionswinkel bei Einstellung der Nadel in den Meridian ϑ wäre und also bei der tatsächlichen Stellung $(\vartheta - \nu)$ beträgt.

Die Gleichgewichtsbedingung lautet unter diesen Annahmen, wenn K die von dem Instrument zu beobachtende Komponente der erdmagnetischen Horizontalintensität ist, folgendermaßen:

$$K\,M(1 - \alpha\,\Delta t) = F\,M[1 - (\alpha + \alpha' + 3\,\beta)\,\Delta t]\sin(\varphi - \nu) + \theta\,(1 + \gamma\,\Delta t)\,(\vartheta - \nu)$$

oder, mit

$$\theta : M = T, \qquad \alpha' + 3\,\beta = \alpha_1, \qquad \alpha + \gamma = \alpha_2,$$
$$K = F(1 - \alpha_1\,\Delta t)\sin(\varphi - \nu) + T(1 + \alpha_2\,\Delta t)\,(\vartheta - \nu).$$

Unter Einführung der Mittelwerte ν_0 und K_0 und der Abweichungen $\Delta\nu = \nu - \nu_0$, $\Delta K = K - K_0$ kann hierfür

$$K_0 + \Delta K = F(1 - \alpha_1\,\Delta t)\sin(\varphi - \nu_0 - \Delta\nu) + T(1 + \alpha_2\,\Delta t)\,(\vartheta - \nu_0 - \Delta\nu)$$

geschrieben werden.

Diese Gleichung zerfällt, da sie für alle Werte von Δt und $\Delta\nu$ (innerhalb gewisser Grenzen) gelten soll, bei Vernachlässigung kleiner Größen zweiter Ordnung in die drei Gleichungen

$$K_0 = F \sin(\varphi - \nu_0) + T(\vartheta - \nu_0)$$
$$\Delta K = -[F \cos(\varphi - \nu_0) + T]\,\Delta\nu$$
$$0 = -\alpha_1 F \sin(\varphi - \nu_0) + \alpha_2 T(\vartheta - \nu_0).$$

Als kleine Größen erster Ordnung sind hierbei die im allgemeinen annähernd gleichwertigen Maximalbeträge von $\Delta\nu$ und $\alpha\,\Delta t$ angesehen, die etwa von der Größenordnung von 0,01 bis 0,02 sind.

Das System der drei vorstehenden Gleichungen bildet die wesentliche Grundlage der Theorie des Unifilars. Von den drei auftretenden Größen sind T (das mit der Zeit infolge der Abnahme des Moments der Nadel langsam wächst), α_1 und α_2 durch die Beschaffenheit des Instruments, ν_0 durch den speziellen Zweck, dem dieses dienen soll, bestimmt. Die gewünschte Empfindlichkeit, die man dem Apparat geben will, liefert den Wert von $\Delta K : \Delta\nu$. (Sollte man, was praktisch wohl kaum jemals in Betracht kommen wird, nicht volle Temperaturkompensation erstreben, sondern einen von Null verschiedenen Temperaturkoeffizienten η herbeiführen wollen, so würde in der dritten Gleichung dieser an die Stelle der Null auf der linken Seite zu treten haben.)

Die Gleichungen, die man auch in der Form

$$\begin{aligned} K_0 + T\nu_0 &= -\sin\nu_0 \cdot F\cos\varphi + \cos\nu_0 \cdot F\sin\varphi + T\cdot\vartheta \\ -(\Delta K : \Delta\nu) - T &= \cos\nu_0 \cdot F\cos\varphi + \sin\nu_0 \cdot F\sin\varphi \\ \alpha_2 T\nu_0 &= \alpha_1 \sin\nu_0 \cdot F\cos\varphi - \alpha_1\cos\nu_0 \cdot F\sin\varphi + \alpha_2 T\cdot\vartheta \end{aligned}$$

schreiben kann, enthalten drei verfügbare Größen $F\cos\varphi$, $F\sin\varphi$, ϑ und sind daher, wofern ihre Determinante nicht verschwindet, durch geeignete Wahl von ϑ, φ und F (das durch Änderung der Entfernung der Kompensationsstäbe von der Nadel, nötigenfalls auch durch Einführung anderer Stäbe variiert werden kann) zu erfüllen. Da die Determinante den Wert $-(\alpha_1 + \alpha_2)\,T$ besitzt, so lautet die Bedingung für die Lösbarkeit der Aufgabe einfach so: es darf nicht $(\alpha_1 + \alpha_2) = 0$ sein. Es würde schwer sein, diese Bedingung nicht zu erfüllen. Nur dann, wenn man als Ablenkungsmagnete sehr lange, dünne Stahlstäbe benutzt, die nach den Beobachtungen von Ashworth einen negativen Temperaturkoeffizienten besitzen, könnte vielleicht der unbrauchbare Fall, daß $\alpha_2 = -\alpha_1$ ist, eintreten. Übrigens ist es natürlich schon ungünstig, d. h. man braucht übermäßig starke Deflektoren und Torsionen, wenn diese Beziehung auch nur annähernd erfüllt ist. Am günstigsten ist es offenbar, wenn α_1 und α_2 ungefähr gleich groß sind.

Die hauptsächlichste Unvollkommenheit der vorstehenden Entwicklung liegt in der Annahme, daß das Feld der Deflektoren am Orte der Nadel homogen und daher bei einem Winkel σ zwischen Feldrichtung und Nadelachse das Drehungsmoment mit $\sin\sigma$ proportional sei. Bei der im Verhältnis zur Länge der Magnete ziemlich geringen Entfernung zwischen ihnen ist dies nicht mit hinreichender Genauigkeit der Fall. Es hat aber keine Schwierigkeit, mit Hülfe der bekannten (am vollständigsten von Börgen in *Terrestrial Magnetism* **1.** *S. 186. 1896* angegebenen) Formeln für die gegenseitige Einwirkung zweier Magnete aufeinander den exakten Wert des Drehungsmoments als Funktion der Stellung der Deflektoren zu berechnen, und ebenso leicht ist es, ihn durch Beobachtungen zu ermitteln. Als Beispiel sei erwähnt, daß sich bei den hier beschriebenen Instrumenten auf beiden Wegen übereinstimmend ergeben hat, daß bei einer Entfernung von 15 *cm* zwischen Nadel und Deflektor an Stelle von $\sin\sigma$ der Ausdruck $0{,}9689 \sin\sigma - 0{,}0849 \sin 3\sigma + 0{,}0043 \sin 5\sigma$ zu treten hat. Man könnte übrigens dadurch eine theoretische Vereinfachung erzielen, daß man

statt des einen drehbaren Deflektorenpaares zwei feste Paare anwendete, von denen das eine parallel zur Nadel, das andere senkrecht zu ihr anzuordnen wäre.

Die vorstehenden Betrachtungen lassen sich natürlich in ähnlicher Weise auch an der *Wage* durchführen; es tritt nur an die Stelle des Drehungsmoments der Torsion dasjenige der Schwere infolge der zur Schneide exzentrischen Lage des Schwerpunktes des Magnets. Außerdem ist noch ein Unterschied zu beachten. Die Deflektoren stehen hier (wenn man von der unwesentlichen Möglichkeit einer Drehung um die Vertikale absieht) fest, sie können nicht wie beim Unifilar um die Drehungsachse der Nadel gedreht werden. Sie liefern daher nicht wie dort zwei verfügbare Größen, sondern nur eine, die Intensität ihres durch Änderung der Entfernung zu variierenden Feldes. Dagegen enthält hier das mechanische Drehungsmoment, da der Schwerpunkt des Magnets sowohl in horizontalem wie in vertikalem Sinne verschoben werden kann, zwei Variable gegen eine, den Torsionswinkel, bei dem Unifilar. Übrigens wäre es trotzdem in mancher Hinsicht zweckmäßig, noch ein zu veränderndes horizontales Magnetfeld hinzuzufügen; man könnte dann die Empfindlichkeit des Instruments ändern, ohne den Wagemagnet berühren zu müssen. Im Interesse der Einfachheit der Konstruktion ist aber davon abgesehen worden.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1906.

(Fortsetzung von S. 124.)

C. Abteilung II.

I. Präzisionsmechanische Arbeiten.

Prüfungs- und Beglaubigungsarbeiten[1]).

Im Berichtsjahre wurden geprüft

Teilungen auf Silber, Stahl, Neusilber	16
Endmaße	16
Kaliber-Bolzen, -Ringe u. dgl.	7
Meß- und Teilschrauben sowie andere Gewinde	9
Stimmgabeln für den internationalen Stimmton	59
„ anderer Tonhöhe	19
Verschiedenes	5

Unter den Schrauben befand sich wieder eine Spindel von 6 *m* Länge, deren Prüfung durch Abkopieren von Gängen auf ein stählernes Meßband erfolgte, nachdem die Spindel nach der Libelle ausgerichtet war.

Bei den Stimmgabeln ist zu erwähnen, daß für wissenschaftliche Zwecke mehrfach Prüfung und Justierung auf sehr hohe (über 4000 Schwg.) und auf willkürliche Töne (z. B. 500 Schwg.) verlangt wurde. Da hierfür Normale nicht vorhanden waren, so wurde das Meldesche Verfahren benutzt, die zu prüfende Gabel ihre Schwingungen neben die einer Gabel bekannter Schwingungszahl gleichzeitig aufschreiben zu lassen; auf diesem Wege wurden recht gute Ergebnisse erzielt, auch für einige Töne Normale gewonnen. Außerdem wurde nach Schwebungen mit der Quinte und der Oktave abgestimmt und geprüft.

Das Laboratorium befaßte sich außerdem mit Untersuchungen an Indikatorfedern, um auffällige Erscheinungen aufzuklären, die sich bei der Prüfung durch das Laboraratorium für Wärme und Druck ergeben hatten. Dort waren die Federn wie üblich, im

[1]) Leman, Blaschke, Grimm.

Zusammenhange mit dem Indikator selbst und dessen Schreibzeug mittels des Apparates von Rosenkranz geprüft worden, wobei sich ein unregelmäßiger Verlauf der Zusammendrückung gezeigt hatte. Da bei dieser Prüfung die Federn nicht sichtbar sind, wurden sie in einer im präzisions-mechanischen Laboratorium provisorisch hergestellten Vorrichtung unabhängig vom Indikator befestigt und die durch stufenweise Gewichtsbelastung hervorgerufenen Zusammendrückungen an einem Mikrometermikroskop beobachtet. Dabei wurde festgestellt, daß die Unregelmäßigkeit tatsächlich, wie vermutet, in mangelhafter Befestigung der Federenden ihre Ursache hatte. Es handelte sich dabei um einige Federn älterer Konstruktion.

II. Elektrische Arbeiten.

A. Starkstrom-Laboratorium[1].

1. Übersicht der Prüfungsarbeiten.

Die im Jahre 1906 geprüften elektrischen Apparate und Materialien sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

I. Meßapparate.

a) Mit Gleichstrom geprüfte Zeigerapparate für Messung

der Spannung	53
„ Stromstärke	34
„ Spannung und Stromstärke	26
„ Leistung	35
„ Arbeit (Elektrizitätszähler)	113

b) Mit ein- oder mehrphasigem Wechselstrom geprüfte Zeigerapparate für Messung

der Spannung	9
„ Stromstärke	9
„ Leistung	16
„ Arbeit (einphasiger Wechselstrom)	38
„ Arbeit (dreiphasiger Wechselstrom)	68

c) Sonstige Meßapparate.

Vorschaltwiderstände	10
Nebenschlußwiderstände (für starke Ströme)	1
Meßtransformatoren	3
Selbstinduktionsrollen	6
Kondensatoren	18
Wellenmesser (für drahtlose Telegraphie)	3

II. Motoren und Transformatoren.

Gleichstrommotoren	4
Wechselstrom- und Drehstrommotoren	4

III. Materialien.

Untersuchung auf Isolationseigenschaften.

Feste Materialien	64 Platten
Lacke und Öle	36 Sorten
Porzellanisolatoren	50 Stück
Drahtleitungen und Kabel	7 „

IV. Sonstiges.

Aufnahme einer Wechselstromkurve	1
Blitzableiter	2 Stück
Schalter	5 „
Sicherungen	126 „

[1]) Orlich, Diesselhorst, Reichardt, Günther Schulze, Giebe, Hugo Schultze, Schering, Lindemann, Schmiedel.

Ferner wurden 162 Prüfungen eigener Apparate für den Bedarf des Laboratoriums ausgeführt und die experimentellen Arbeiten für die Systemprüfungen von 5 Zählersystemen, sowie 2 Ergänzungsprüfungen abgeschlossen. Die Arbeiten für eine größere Zahl weiterer Systemprüfungen sind noch im Gange.

2. Erweiterung des Laboratoriums.

Eine erhebliche Erweiterung der Energiequellen des Laboratoriums für Wechselstrom steht unmittelbar bevor. Es sind in Auftrag gegeben:

a) ein Hochstromtransformator für 3 × 5000 Ampere in Drehstromschaltung oder 15000 Ampere für einphasigen Wechselstrom,

b) ein Hochspannungstransformator für sekundär 200000 Volt Spannung bei 20 Kilowatt Leistung,

c) eine Hochfrequenzmaschine für 5 Kilowatt Leistung bei der Frequenz 2500.

Entsprechend diesen Neuanschaffungen wird auch der Meßbereich, für den Prüfungsanträge angenommen werden, demnächst erweitert werden können.

3. Messung schwacher Wechselströme mit Thermoelementen[1].

Zur Messung schwacher Wechselströme ist von Salomonson[2]) eine Anordnung einer größeren Anzahl von Thermoelementen nach Art einer Wheatstoneschen Brücke angegeben, wodurch erreicht wird, daß die elektromotorischen Kräfte der Thermoelemente sich summieren, aber der sie erwärmende Strom nicht das zur Messung dienende Instrument durchfließt. Es wurde mit Erfolg versucht, die Empfindlichkeit durch Einschluß der Brückenanordnung in ein stark evakuiertes Gefäß zu steigern. Die Thermoelemente wurden aus 0,024 *mm* dicken Manganin- und Konstantan-Drähten hergestellt, die kühl zu haltenden Lötstellen wurden auf Messingklötze gelötet, die auf einen Metallstreifen — durch dünne Glasplättchen von ihm isoliert — aufgeklemmt waren. Es wurde Manganin statt des üblichen Eisendrahtes — trotz der um $^1/_3$ kleineren Thermokraft — genommen, um einen möglichst konstanten Widerstand bei verschiedenen Strombelastungen zu haben. Als günstigste Länge der Drähte von der kalten bis zur dünnen Lötstelle wurde 0,6 *cm* berechnet für eine Belastung mit 5 Milliampere im Vakuum; bei diesen Abmessungen wird die durch den Strom erzeugte Wärme zur Hälfte durch Leitung im Draht, zur andern Hälfte durch Strahlung fortgeführt, die Temperaturerhöhung der wärmeren Lötstelle beträgt dann 19° C.

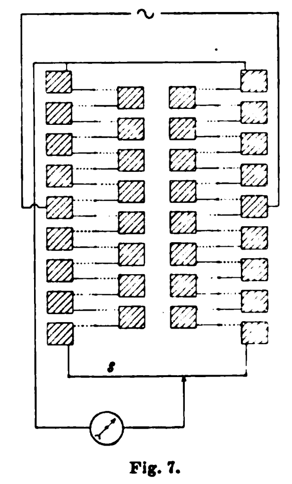


Fig. 7.

—— Manganin ······ Konstantan

Jeder Zweig der Brücke enthält 8 Lötstellen, die wie aus Fig. 7 ersichtlich so angeordnet sind, daß ihre Thermokräfte an den Anschlüssen für den Strom sich aufheben, an den Anschlüssen für das Galvanometer sich summieren bezw. parallel wirken. Je zwei Brückenzweige waren auf einen Messingstreifen montiert; bei dem Einbau in das Glasgefäß wurden die beiden Metallstreifen so übereinandergesetzt, daß die Lötstellen nach innen zu liegen kamen (Fig. 8). Die Temperatur der dünnen Lötstellen ist dann, wenn kein Strom eingeschaltet ist, dieselbe wie die der Klötze und Messingstreifen; sie wird durch Strahlung von der vielleicht anders temperierten Glaswand nur sehr wenig beeinflußt. Zur Messung der Thermokraft dient ein Zeigergalvanometer von Siemens & Halske mit 180 Skalenteilen und einer Empfindlichkeit von $2,5 \times 10^{-7}$ Ampere pro Skalenteil bei einem Widerstande von etwa 400 Ohm; zur Abgleichung der Brücke dient ein außerhalb des Glasgefäßes befindlicher Schleifdraht *s* aus Manganin. Der Widerstand der Brücke zwischen den Stromanschlüssen beträgt 86,45 Ohm.

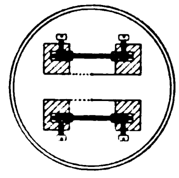


Fig. 8.

Nach dem Auspumpen (nach der Dewarschen Methode) gab ein in die Thermobrücke gesandter Strom von 10 Milliampere einen Ausschlag von 136 Skalenteilen, während derselbe

[1]) Schering.

[2]) Salomonson, *Physik. Zeitschr. 7. S. 463. 1906.*

vorher, als die Thermoelemente sich noch in Luft von Atmosphärendruck befanden, nur einen Ausschlag von 4 Skalenteilen hervorbrachte. Die hohe Empfindlichkeit hat sich $2^1/_2$ Monate völlig unverändert erhalten.

Die Zeitdauer vom Einschalten des Stromes bis zur Endeinstellung des Zeigers beträgt 25 Sekunden. Die Einstellungen für dieselbe Stromstärke sind — bei konstanter Außentemperatur — stets genau dieselben. Der Ausschlag des Galvanometers ist sehr nahe proportional dem Quadrat der zu messenden Stromstärke, letztere läßt sich aber bei größeren Ausschlägen auf mindestens 1 Promille genau ablesen. Die Abweichung von der quadratischen Beziehung zwischen Ausschlag und Stromstärke beträgt bei rund 10 Milliampere 1 Prozent, sie ist durch die etwas schneller als linear mit der Temperaturdifferenz wachsende Strahlung bedingt.

Bei einer Erhöhung der Temperatur der Klötze — der kalten Lötstellen — um 1° sinkt die Empfindlichkeit um 0,7 Promille. Das Glasgefäß ist deshalb in einen mit Watte gefüllten und mit Nickelpapier bezogenen Kasten verpackt, ein herausragendes Thermometer gibt Kenntnis von der Temperatur im Inneren. Eine Erwärmung der kalten Lötstellen durch mehrstündige maximale Strombelastung der Thermobrücke mit 11 Milliampere konnte nicht festgestellt werden.

Auffälligerweise zeigt das Instrument Wechselstrom von der Frequenz 4 bis 200 pro Sek. um 3% niedriger an als Gleichstrom. Zur Aufklärung dieser Erscheinung sind weitere Versuche unternommen.

4. Elektrometrische Untersuchungen und Konstruktion eines neuen Spiegel-Quadrantelektrometers[1].

Die Untersuchung des neuen Quadrantelektrometers in der Quadrantschaltung wurde bei hoher Empfindlichkeit des Instruments (Nadel auf 150 Volt, ein Quadrantenpaar am Gehäuse, das andre auf 0,1 Volt gibt 650 *mm* kommutierten Ausschlag bei 2900 *mm* Skalenabstand) fortgesetzt. Hierbei traten, besonders bei Nadelspannungen von mehr als 100 Volt, eine Reihe von Störungen auf, die die Messung erheblich unsicher machten. Diese Störungen ließen sich durch Abschirmen sämtlicher festen Dielektrika im Innern des Elektrometers, besonders an den Quadranten, durch Anbringen eines Schutzrohrs, das, auf Nadelpotential geladen, fast die gesamte Aufhängung der Nadel umgibt, sowie durch galvanisches Vergolden von Quadranten und Nadel vollkommen beseitigen.

Die Maxwellsche Konstante für die Empfindlichkeit eines Elektrometers ist, wie früher nachgewiesen wurde[2]) allgemein gleich

$$C[1 + \mathfrak{A}(V_0 - V_1)(V_0 - V_2) + \mathfrak{B}(V_1 - V_2)^2]$$

zu setzen. Im vorigen Tätigkeitsbericht wurde ein Justierungsverfahren angegeben[3]), durch das $\mathfrak{A} = 0$ gemacht werden kann. Nach neueren Versuchen, bei denen die Symmetrielage der Nadel versuchsweise verändert wurde, scheint es möglich zu sein, zu erreichen, daß auch $\mathfrak{B} = 0$ wird. Die Versuche darüber sind indes noch nicht abgeschlossen.

Nachstehend seien einige Zahlen über die höchste bisher erreichte Empfindlichkeit des Elektrometers angeführt.

Bei Verwendung einer Nadel von 5 *cm* Längsachse wurde bei nahe aperiodischer Dämpfung bei 3920 *mm* Skalenabstand in idiostatischer Schaltung für 1 Volt 146 *mm* kommutierter Ausschlag erreicht. Die Beobachtungen waren befriedigend sicher, die Ausschläge auf etwa 1‰ dem Quadrat der Spannung proportional. Die Einstellung erfolgte bei fast aperiodischer Dämpfung in etwa 50 Sekunden.

Verfuhr man nun nach dem auf das Elektrometer zuerst von Paschen[4]) angewandten Prinzip, daß man die Empfindlichkeit bei jeder Art Drehwage n-fach steigert, wenn man die linearen Dimensionen, vor allem die Hebelarme, n-fach verkleinert und durch Änderung der Suspensionen dafür sorgt, daß die Schwingungsdauer wieder die gleiche wird, so erhielt

---

[1]) H. Schultze.

[2]) *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 101. 1903.*

[3]) *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 147. 1906.*

[4]) *Physik. Zeitschr.* **7.** *S. 492. 1906.*

man bei 2000 *mm* Skalenabstand für 1 Volt in idiostatischer Schaltung etwa 200 *mm* kommutierten Ausschlag. Als Aufhängefaden diente ein Platinband, das aus einem Faden von 5 μ gewalzt war. Setzte man das Instrument auf eine Juliussche Aufhängung und schützte man es sorgfältig gegen Wärmestrahlung[1]), so erhielt man genügend sichere und konstante Einstellungen. Die Versuche nach dieser Richtung werden fortgesetzt. Die Beschreibung des neuen Spiegel-Quadrantelektrometers ist in dieser Zeitschrift veröffentlicht[2]).

5. Verwendung elektrisch erregter Kapillarwellen zur Schlüpfungs- und Frequenzmessung[3]).

Die im vorigen Tätigkeitsbericht[4]) erwähnten elektrisch erregten Kapillarwellen auf dielektrischen Flüssigkeiten haben sich besonders für die Schlüpfungsmessung an Asynchronmotoren, und zwar bis zu den höchsten Betriebsspannungen, brauchbar erwiesen. Ein Aufsatz darüber, sowie über ihre Verwendung zur Frequenzmessung an hochgespannten Wechselströmen wird nächstens in der Elektrotechnischen Zeitschrift erscheinen.

6. Über eine mit elektrischen Konvektionsströmungen zusammenhängende Erscheinung[5]).

Bei den Versuchen mit elektrisch erregten Kapillarwellen auf destilliertem Wasser als dielektrischer Flüssigkeit fiel auf, daß die durch die positive und negative Spannungsphase erzeugten Wellen eine verschieden große Amplitude zeigten. Ein Versuch mit Gleichspannung bestätigte das. Tauchte man zwei Platinspitzen, die mittels der Hochspannungsbatterie auf entgegengesetzt gleichen Potentialen gehalten wurden, so in das Wasser, daß seine Oberfläche gerade berührt wurde, so wurde das Wasser an der negativen Elektrode sehr stark, an der positiven Elektrode sehr schwach emporgehoben. Das erinnert an einen Versuch von Faraday[6]), wonach eine hochgeladene Metallkugel, die in Terpentinöl getaucht und dann langsam herausgehoben wird, wenn sie positiv geladen ist, eine viel höhere Flüssigkeitssäule zu tragen vermag, als wenn sie gleich stark negativ geladen ist. Die Erklärung der Erscheinung wurde mit Hülfe der von Warburg[7]) gegebenen Theorie der Konvektionsströmungen in schwach dissoziierten Flüssigkeiten versucht. Diese Theorie erklärt das Verhalten von sehr verdünnten KOH- bezw. H_2SO_4-Lösungen, wo beim Vorhandensein von Abströmen an der Kathode bezw. Anode und von Zuströmen an der Anode bezw. Kathode, das praktisch mit Hülfe von Reitlingers Rädchen[8]) nachgewiesen wurde, ein hoher Meniskus an der Anode bezw. Kathode, ein niedriger Meniskus an der Kathode bezw. Anode beobachtet wurde. Es liegt hierbei die Vorstellung zugrunde, daß, wenn keine Konvektionsströmungen vorhanden wären, die Menisken gleich hoch sein müßten, und daß ein Abstrom an einer Elektrode den betreffenden Meniskus herunterzieht. Nicht erklärt wird durch diese Auffassung das Verhalten von destilliertem Wasser (von Kahlbaum bezogen), wo der Versuch mit Reitlingers Rädchen einen starken Abstrom an der Kathode, einen schwächeren Abstrom an der Anode anzeigt, während, wie schon erwähnt, sich an der Kathode ein bedeutend höherer Meniskus ausbildet als an der Anode. Hier scheint irgend ein unbekanntes Moment mitzuwirken. Erwähnt sei noch folgender Versuch. Wird destilliertes Wasser in einer Platinschale mittels einer Platinspirale erhitzt, so bildet sich bei etwa 90° der höhere Meniskus an der Anode, der niedrigere an der Kathode aus; kühlt man wieder ab, so stellt sich wieder der frühere Zustand her. Das Umschlagen der Menisken wurde bei mehrmaligem Erhitzen und Abkühlen mit verschiedenen Wasserproben beobachtet. Auch dieser Versuch ist nicht aufgeklärt.

7. Elektrolytische Gleichrichter[9]).

Bei einer Untersuchung der Elektrolyt-Gleichrichter wurde zunächst das Verhalten von Aluminiumelektroden in wäßrigen Lösungen bei Verwendung von Gleichstrom untersucht. Eine Lösung von neutralem Ammoniumborat eignete sich am besten. In dieser Lösung

---

[1]) *Diese Zeitschr.* **24.** *S. 143. 1904.*

[2]) *Diese Zeitschr.* **27.** *S. 65. 1907.*

[3]) H. Schultze.

[4]) *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 150. 1906.*

[5]) H. Schultze.

[6]) M. Faraday, Experimental-Untersuchungen über Elektrizität. Deutsch v. S. Kalischer. Berlin, J. Springer 1889. *I. Bd. S. 457 (Art. 1600).*

[7]) *Wied. Ann.* **54.** *S. 396. 1895.*

[8]) *Wied. Ann.* **54.** *S. 410. 1895.*

[9]) G. Schulze.

hielten Aluminiumanoden, wenn sie durch langsame Steigerung der Spannung vollständig „formiert“ waren, über 500 Volt aus und ließen bei dieser Spannung nur einen Strom von 0,0001 Amp./*qcm* austreten. In umgekehrter Richtung betrug der Spannungsverlust am Aluminium 10 Volt. Die Wirksamkeit wurde durch mehrstündiges Ausschalten kaum geschwächt. Der schädliche Einfluß der Erwärmung war ebenfalls geringer als bei allen anderen untersuchten Elektrolyten, immerhin aber auch hier noch so stark, daß er die praktische Verwendbarkeit dieses Gleichrichters in Frage stellt. Der schädliche Einfluß der Erwärmung zeigt sich darin, daß die ausgehaltene Maximalspannung sinkt, und gleichzeitig der hindurchgelassene „Reststrom“ wächst, wodurch die Zelle immer heißer und immer unwirksamer wird.

Eine noch viel höhere Spannungsabdrosselung als Ammoniumborat ergab eine alkoholische Lösung von Borsäure, nämlich über 1500 Volt. Leider schließt die geringe Leitfähigkeit dieser Lösung eine praktische Verwendung aus.

Kapazitätsmessungen ergaben, daß die eigentliche Ursache des hohen Spannungsverlustes in wirksamer Richtung nicht, wie gewöhnlich angenommen, die auf dem Aluminium sich bildende feste Haut, sondern eine in ihren Poren befindliche, sehr viel dünnere Gashaut ist. Die Dicke derselben wächst etwas schneller als ihre Fähigkeit, Spannung auszuhalten. Bei einer Dicke von 100 $\mu\mu$ hält sie ungefähr eine Spannung von 460 Volt aus. Da sie sich wie ein Dielektrikum verhält, lastet auf ihr ein elektrostatischer Druck, sobald sie an Spannung liegt. Derselbe berechnet sich zu maximal 5500 Atmosphären. Das maximale Spannungsgefälle in der Gashaut beträgt 8,2 Millionen Volt pro Millimeter. Der Grund für das unipolare Verhalten der Aluminiumelektroden liegt vielleicht darin, daß, wenn Aluminium Kathode ist, der Elektrizitätstransport durch die Gashaut hindurch mittels der freien negativen Elektronen des Aluminiums stattfindet. Wenn dagegen Aluminium Anode ist, müssen die negativen Ionen des Elektrolyten den Elektrizitätstransport übernehmen, weil freie negative Elektronen im Elektrolyten nicht vorhanden sind. Im ersten Falle genügt ein sehr viel geringeres Spannungsgefälle als im zweiten, weil die Masse der negativen Elektronen viel geringer ist als die Masse der negativen Ionen des Elektrolyten. Ein Teil der Versuche ist veröffentlicht[1]).

Die Versuche sind inzwischen auf Tantal, das von der Firma Siemens & Halske bereitwilligst zur Verfügung gestellt war, ausgedehnt worden. Die Erscheinung trat bei sämtlichen bisher untersuchten Elektrolyten ein. Die maximal ausgehaltene Spannung ist wesentlich von der Konzentration des Elektrolyten abhängig und zwar ist sie um so größer, je verdünnter der Elektrolyt ist. Am besten eignen sich Li_2CO_3, Na_2CO_3, K_2CO_3. Sie ermöglichen in 0,02-prozentiger Lösung eine Maximalspannung von über 900 Volt bei einem Reststrome von 0,0001 Amp./*qcm*. Gegen Ausschalten sind die Tantalanoden wesentlich empfindlicher als die Aluminiumanoden in Ammoniumborat. Der Einfluß des Ausschaltens wird merklich, wenn der Strom länger als einige Minuten unterbrochen wird. Bei Ammonsalzen nimmt die Wirksamkeit sogar unmittelbar nach dem Ausschalten lebhaft ab. Gegen Erwärmung scheinen Tantalanoden wesentlich unempfindlicher zu sein als Aluminiumanoden.

Die Versuche werden fortgesetzt.

8. Regenvorrichtung für Isolatorenprüfung[2]).

Zur Prüfung von Isolatoren unter Regen wurde versucht den natürlichen Regen möglichst nachzuahmen. Die bei dem üblichen Bespritzen der Isolatoren mit einer Brause verwandten Wassermengen sind viel zu groß, die Strahlen lösen sich nicht in Tropfen auf. Die Unterschiede in dem Verhalten der vom Rande der Isolatoren abfallenden Tropfen, die den Funkenüberschlag einleiten, sind nicht zu erkennen.

Der Boden eines luftdichten Gefäßes von etwa 20 *cm* Durchmesser und Höhe wurde mit 140 gleichmäßig verteilten Löchern versehen; in diese wurden je 5 *cm* lange Dochte aus Sacktuch eingezogen, die durch dünne Kupferdrähte abgesteift wurden. Im Deckel wurden zwei Rohrstutzen mit Hähnen angebracht, durch die das Gefäß mit Wasser gefüllt wird; die Dochte werden durch Eintauchen in Wasser angefeuchtet. Bei geschlossenen Hähnen

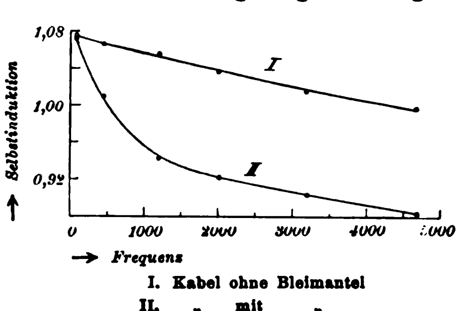
[1]) *Ann. d. Physik* **21.** *S. 929. 1906;* **22.** *S. 543. 1907.*

[2]) Schering.

fällt von den Dochten ein Regen von weniger als 1 *mm* in der Minute, die gefallene Regenmenge kann man an einem an dem Gefäß angebrachten Wasserstandsglas ablesen. Die Tropfen sind 2 bis 3 *mm* groß; durch Regulieren der Luftzufuhr bei geöffnetem Hahn, z. B. durch Anbringen einer Kapillare oder eines Gummischlauches mit Quetschhahn, kann man jede beliebige stärkere Regenmenge erzielen. Fehlt ein Docht in einem Loche, so fällt der Tropfen aus ihm nicht ab, da die Tropfen von den Spitzen der Dochte sehr viel leichter abfallen.

9. Kabelmessungen[1]).

Werden die Adern eines bleiumhüllten Kabels mit Wechselstrom belastet, so entstehen in dem Bleimantel Wirbelströme. Ein derartiges Kabel verhält sich also ähnlich, wie ein sekundär belasteter Lufttransformator, d. h. durch den Einfluß des Mantels wird der Widerstand der Adern scheinbar vergrößert, die Selbstinduktion einer Schleife scheinbar verkleinert. Bei steigender Frequenz des Wechselstromes strebt dieser Einfluß einem gewissen Grenzzustand zu. Dazu kommt, daß auch in einem Kabel ohne Bleimantel infolge ungleichmäßiger Verteilung des Stromes im Aderquerschnitt Widerstand und Selbstinduktion ihren Wert mit der Frequenz verändern.



I. Kabel ohne Bleimantel
II. „ mit „

Fig. 9. Messungen der Gruppe a.

Es wurden Messungen an einem 125 *m* langen, von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin zur Verfügung gestellten symmetrischen Drehstromkabel zuerst mit Bleimantel, dann an demselben Kabel ohne Bleimantel ausgeführt, sodaß der Einfluß des Bleimantels deutlich zu Tage trat.

Die Selbstinduktionen wurden in der Wheatstoneschen Brücke mit Wechselstrom von der Frequenz 50 bis 4850 durch Vergleich mit einer Normalrolle bestimmt. Man erhielt dabei zugleich den wirksamen Widerstand für die betreffende Periodenzahl. Die nachstehende Tabelle und die Kurven der Fig. 9 enthalten die Mittelwerte der in den einzelnen Kombinationen erhaltenen Resultate für die Kabellänge 125 *m*. Bei der Frequenz 50 ist also der Einfluß des Bleimantels praktisch verschwindend.

Periodenzahl	Gruppe a. Messungen an einer aus je 2 Leitern des Kabels bestehenden Schleife				Gruppe b. Messungen an einer Schleife, bestehend aus einem Leiter als Hinleitung und 2 parallel geschalteten Leitern als Rückleitung			
	Selbstinduktionskoeffizient in 10^5 *cm*		Widerstand in Ohm		Selbstinduktionskoeffizient in 10^5 *cm*		Widerstand in Ohm	
	Kabel		Kabel		Kabel		Kabel	
	mit Bleimantel	ohne Bleimantel	mit Bleimantel	ohne Bleimantel	mit Bleimantel	ohne Bleimantel	mit Bleimantel	ohne Bleimantel
50	$1{,}07_1$	$1{,}07_2$	$0{,}13_5$	$0{,}14_1$	$0{,}81_0$	$0{,}81_0$	$0{,}10_6$	$0{,}10_7$
435	$1{,}00_9$	$1{,}06_5$	$0{,}15_5$	$0{,}13_9$	$0{,}76_5$	$0{,}80_5$	$0{,}12_0$	$0{,}10_8$
1200	$0{,}94_4$	$1{,}05_5$	$0{,}18_8$	$0{,}15_8$	$0{,}71_7$	$0{,}79_7$	$0{,}14_5$	$0{,}12_1$
2000	$0{,}92_2$	$1{,}03_7$	$0{,}21_6$	$0{,}18_5$	$0{,}69_9$	$0{,}78_9$	$0{,}16_6$	$0{,}14_1$
3200	$0{,}90_4$	$1{,}02_1$	$0{,}25_5$	$0{,}22_4$	$0{,}68_4$	$0{,}77_4$	$0{,}19_7$	$0{,}17_1$
4850	$0{,}88_4$	$1{,}00_6$	$0{,}30_0$	$0{,}26_7$	$0{,}67_2$	$0{,}76_2$	$0{,}22_9$	$0{,}21_1$

10. Selbstinduktionsnormale und Kondensatoren[2]).

Die Untersuchungen über das Verhalten von Selbstinduktionsspulen gegenüber hochfrequenten Wechselströmen wurden fortgesetzt.

Da bei absoluten Messungen von Selbstinduktionen der ohmische Widerstand der Spulen in die Rechnung eingeht, so ist es notwendig, daß derselbe merklich unabhängig

[1]) Giebe.
[2]) Giebe.

von der Frequenz und gleich dem mit Gleichstrom zu ermittelnden Werte ist. Es stellte sich heraus, daß die vorhandenen Normalspulen, obwohl sie nach dem Vorgange von Dolezalek[1]) mit einer aus vielen dünnen Einzeldrähten bestehenden Drahtlitze bewickelt sind, bei hohen Frequenzen (2000 bis 5000) dieser Forderung nicht völlig entsprechen. Der Widerstand der Spulen nimmt mit wachsender Frequenz zu, wenn auch weit weniger, als dies bei Induktionsspulen mit massivem Draht der Fall ist. Es schien nicht ausgeschlossen, daß eine nicht hinreichende Isolation der einzelnen Drähte der Litze voneinander die Ursache dieses Verhaltens ist.

Daher wurden neue Selbstinduktionsspulen aus einer besonders angefertigten Drahtlitze auf Marmorkerne gewickelt. Diese Litze besteht aus einer großen Zahl (bis 100) zu einem Seil verflochtener Einzeldrähte von 0,1 *mm* Dicke, die mit einer sehr dünnen Azetat-Schicht überzogen und unter dem Namen „Azetatdrähte" im Handel käuflich sind. Dieser Überzug gewährleistet eine gute Isolation der Einzeldrähte voneinander.

Auf die Marmorkerne sind gleichzeitig zwei derartige Litzen von gleicher Stärke neben einander aufgewunden, sodaß die Zuverlässigkeit der Isolation der einzelnen Windungen und Lagen durch Messung des Isolationswiderstandes zwischen den beiden Litzen kontrolliert werden kann. Jede Spule besteht also aus zwei Wicklungen, deren gegenseitiger Induktionskoeffizient nahezu gleich dem Selbstinduktionskoeffizienten jeder einzelnen Wicklung ist. Schaltet man beide Wicklungen parallel, so wird bei gleichbleibender Selbstinduktion der Widerstand um die Hälfte kleiner, schaltet man sie hinter einander, so erhält man den 4-fachen Betrag der Selbstinduktion.

Die neu hergestellten Normale haben die Sollwerte 0,1, 0,01, 0,001, 0,0001 Henry. Die Abmessungen der Rollen sind nach der Formel von Stefan[2]) für quadratischen Wicklungsquerschnitt und ein Minimum von Drahtlänge berechnet. Die durch Messung ermittelten Werte stimmten mit den im voraus berechneten auf 2 bis 3 % überein. Nach der Messung geschah die genaue Abgleichung.

Bisher sind nur mit dem Normal 0,1 Henry ausführliche Untersuchungen vorgenommen worden, aus denen hervorgeht, daß sich der Widerstand des neuen Normals mit der Frequenz jedenfalls weniger ändert, als der des bisher benutzten.

Die Untersuchung der Selbstinduktionsnormale wurde mit hochfrequenten Wechselströmen in der Wheatstoneschen Brücke durch relativen Vergleich ausgeführt unter Innehaltung der im vorigen Tätigkeitsbericht erwähnten Vorsichtsmaßregeln. Als man zu absoluten Messungen von Selbstinduktionen mit hochfrequenten Wechselströmen überging, stellten sich jedoch Schwierigkeiten heraus, die ihren Grund darin hatten, daß die zahnradartige Eisenscheibe der den Wechselstrom liefernden Dolezalekschen Sirene[3]) nicht völlig rund war. Die Folge davon sind periodische Intensitäts- und Periodenzahl-Schwankungen der erzeugten Wechselströme, die ihrerseits ein störendes, brummendes Nebengeräusch im Telephon hervorrufen. Nach Abschleifen der Eisenscheibe wurden die Nebengeräusche im Telephon schwächer, verschwanden jedoch nicht so weit, daß empfindliche Messungen möglich wurden.

Es ist daher von absoluten Messungen der Selbstinduktionen bei hohen Frequenzen zunächst Abstand genommen, und es wird beabsichtigt, die Selbstinduktionen mit Kapazitäten zu vergleichen. Die Kapazitäten können ihrerseits nach der Methode von Maxwell-Thomson mit großer Genauigkeit absolut gemessen werden, zumal es inzwischen gelungen ist, mit dem für diese Methode in Anwendung befindlichen rotierenden Unterbrecher bis zu 1500 Unterbrechungen pro Sekunde brauchbare Resultate zu erzielen.

Für diesen Zweck ist ein Normal-Luftkondensator aus 7 konzentrischen Messingröhren für eine Kapazität von 0,01 Mikrofarad gebaut worden.

---

[1]) *Ann. d. Physik* **12.** *S. 1142. 1903.*
[2]) *Wied. Ann.* **22.** *S. 114. 1884.*
[3]) *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 240. 1903.*

11. Wellenlänge elektrischer Schwingungen[1]).

Infolge eingegangener Prüfungsanträge wurden die Messungen der Wellenlänge elektrischer Schwingungen fortgesetzt. Für die Zwecke der abgestimmten drahtlosen Telegraphie war eine Erhöhung der Genauigkeit erwünscht, und außerdem war der Bereich der zu messenden Wellenlängen erheblich größer geworden. Die Anträge erstreckten sich auf Wellenlängen von etwa 50 bis 2500 *m*.

Über die Messung der kurzen Wellen bis 500 *m* mit Hülfe eines Lecherschen Drahtsystems ist im vergangenen Jahre berichtet worden. Die Anwendung der gleichen Methode auf längere Wellen wird nicht nur umständlich wegen der erforderlichen großen Drahtlängen, sondern ist auch theoretisch nicht mehr einwandsfrei, da man nur von kurzen Wellen mit Sicherheit annehmen kann, daß sie sich mit Lichtgeschwindigkeit an Drähten fortpflanzen.

Für lange Wellen zeigte sich die einfache Methode brauchbar, aus Selbstinduktion und Kapazität eines Stromkreises seine Eigenschwingungsdauer zu berechnen, aus der sich durch Multiplikation mit der (sehr genau bekannten) Lichtgeschwindigkeit die Wellenlänge ergibt. Um eventuelle Abweichungen der am Lecherschen Drahtsystem gemessenen Wellenlängen konstatieren zu können, wurden diese Messungen bis zu Längen von 1000 *m* fortgesetzt. Es zeigte sich in der Tat eine Differenz, deren prozentischer Betrag mit der Wellenlänge zunahm. Bei 1000 *m* waren die Wellenlängen am Drahtsystem um etwa $3^1/_2$ % kürzer, als die aus Selbstinduktion und Kapazität berechneten.

Um größere Sicherheit zu haben, wurde noch eine dritte Methode benutzt, nämlich die Auswertung der Bilder, die man nach Feddersen durch Photographieren des am rotierenden Spiegel reflektierten Entladungsfunkens erhält. Der Spiegel war auf die Achse eines Motors gesetzt, der eine normale Tourenzahl von 50 pro Sekunde besaß. Mit dieser Vorrichtung erhielt man bereits für Wellen von 250 *m* ausmeßbare Photographien, aber erst bei 750 *m* solche, die die erforderliche Genauigkeit von einigen Promille lieferten. Die Resultate stimmten durchaus mit den aus Selbstinduktion und Kapazität erhaltenen Werten überein.

Mit Hülfe eines in Bestellung gegebenen schnell rotierenden Spiegels soll später versucht werden, auch für kürzere Wellen hinreichend genau ausmeßbare Photographien zu erhalten, um mit Sicherheit den Anschluß an die für kurze Wellen vermutlich richtigen Werte am Lecherschen Drahtsystem zu gewinnen. Vorläufig wird den Prüfungen eine Skale zugrunde gelegt, die bei langen Wellen mit den aus Selbstinduktion und Kapazität berechneten und aus der Funkenphotographie erhaltenen Werten übereinstimmt und die nach kurzen Wellen so fortgeführt ist, daß die Abweichungen von der durch das Lechersche Drahtsystem erhaltenen Skale allmählich kleiner werden und verschwinden.

12. Messung von Kapazitäten und Selbstinduktionen mit elektrischen Schwingungen[2]).

Bei der Messung sehr kleiner Selbstinduktionen oder Kapazitäten, besonders auch wenn die Kondensatoren Energieverlust zeigen, werden die üblichen Methoden, die Ströme von relativ langer Periodendauer benutzen, ungenau und fehlerhaft. Es wurde deshalb begonnen, derartige Messungen mit schnellen Schwingungen nach Resonanzmethoden auszuführen. Ein Prüfungsantrag über 6 Flaschenkondensatoren wurde auf diese Weise erledigt.

13. Ungedämpfte elektrische Schwingungen[3]).

Messungen an der Poulsenschen Anordnung zur Erzeugung ungedämpfter elektrischer Schwingungen ergaben, daß ein durch den Lichtbogen angeregter Kondensatorkreis außer der bei Funkenerregung auftretenden, durch Kapazität und Selbstinduktion bestimmten Grundschwingung harmonische Oberschwingungen ausführt. Es gelang leicht, mit Hülfe des Dönitzschen Wellenmessers in Verbindung mit dem Bolometer diese bis etwa zur achten nachzuweisen. Ihre Intensität zeigte sich abhängig nur von dem Verhältnis C/L der Kapazität zur Selbstinduktion, dagegen bei konstantem C/L — wenigstens soweit die wegen der Inkonstanz des Lichtbogens ziemlich ungenauen Messungen erkennen ließen — unabhängig von der Wellenlänge der Grundschwingung. Mit zunehmendem Verhältnis C/L wächst die Intensität der Oberschwingungen sehr stark und kann sogar die der Grundschwingung übertreffen. C/L wurde im Verhältnis 1 zu 55 variiert; dabei stieg die Intensität der ersten

[1]) Diesselhorst.
[2]) Diesselhorst.
[3]) Lindemann.

Oberschwingung, ausgedrückt in Bruchteilen der Intensität der Grundschwingung, von 0,0015 auf 2, d. h. im Verhältnis 1:1300. Ob die Kapazität aus Leidener Flaschen oder Luftkondensatoren bestand, machte keinen Unterschied.

B. Schwachstrom-Laboratorium[1]. *Laufende Prüfungsarbeiten.*

Im Jahre 1906 wurden geprüft

18 Proben Leitungsmaterial (8 Anträge);
7 Proben Widerstandsmaterial (2 Anträge);
128 Einzelwiderstände;
51 Widerstandssätze (13 Kompensatoren, davon 4 mit Meßbrücke, 4 Meßbrücken, 27 Widerstandskästen und Spannungsteiler, 7 Verzweigungswiderstände) mit zusammen 1543 Abteilungen;
9 verschiedene Prüfungen (darunter 1 gewöhnliches und 1 ballistisches Drehspulen-Galvanometer, 1 Walzenbrücke, 1 Wechselstrom-Meßbrücke u. s w.);
42 Clarksche Normalelemente;
97 Westonsche Normalelemente;
8 Akkumulatoren (1 Antrag);
49 Trockenelemente (9 Anträge).

1. Widerstände.

Von den geprüften Einzelwiderständen waren 78 Draht- und 50 Blechwiderstände, sämtlich aus Manganin. Für 154 Apparate lagen Angaben über den Besteller vor. Danach waren 88 für das Ausland bestimmt, und zwar gingen 44 nach Amerika, 12 nach der Schweiz, 10 nach Österreich-Ungarn, je 5 nach Belgien und Holland und je 4 nach England, Italien und Rußland.

Für die verschiedenen Laboratorien der Reichsanstalt wurden Messungen an 29 Widerständen vorgenommen.

2. Normalelemente.

Die Zahl der geprüften Clark-Elemente ist etwas niedriger als im Vorjahr, die Zahl der Weston-Elemente ist dieselbe geblieben.

Bei den Clark-Elementen lag die Abweichung vom Sollwert (1,4328 Volt bei 15° C.)

bei 3 Stück zwischen 0,0000 und 0,0004 Volt,
„ 26 „ „ 0,0004 „ 0,0007 „ ,
„ 8 „ „ 0,0007 „ 0,0010 „ ,
„ 3 „ zeigten sich veränderliche Werte,
„ 2 „ „ „ äußere Mängel.

Die Prüfung der von der European Weston Electrical Instrument Co. hergestellten Weston-Elemente ergab (bei Zimmertemperatur) die folgenden Werte:

bei 1 Stück 1,0187 Volt,
„ 27 „ 1,0189 „ ,
„ 42 „ 1,0190 „ ,
„ 24 „ 1,0191 „ ,
„ 1 „ 1,0194 „ ;

2 Stück zeigten äußere Mängel.

3. Nachprüfungen für die Elektrischen Prüfämter.

Für die Prüfämter Nr. 1 bis 6 wurden 36 Einzelwiderstände und 12 Normalelemente einer Nachprüfung unterzogen. Die Konstanz dieser Normale ist, trotz des jährlich einmal stattfindenden Bahntransports von dem Prüfamt nach der Reichsanstalt und zurück, im allgemeinen eine sehr befriedigende. Von den 36 Einzelwiderständen haben sich z. B. 32 Stück gegen die Messung im Jahre 1905 nur um höchstens 0,002 % geändert, darunter waren 19, bei denen die Änderung höchstens 0,001 % betrug. Die Konstanz der Normalelemente, insbesondere der Westonschen, ist ebenfalls eine völlig ausreichende.

4. Trockenelemente[2].

Auf Anregung des Reichspostamtes hat sich die Reichsanstalt bereit erklärt, in Zukunft auf Antrag von Fabrikanten Trockenelemente in derselben Weise zu prüfen, wie es im

[1]) Lindeck.

[2]) Bei der im vorigen Tätigkeitsbericht erwähnten Anordnung zur Messung des Widerstandes von Trockenelementen in der Wechselstrombrücke bezieht sich die Seitenzahl des Zitats aus Kohlrauschs „Lehrbuch der praktischen Physik" auf die 9., *nicht* auf die 10. Auflage, wie versehentlich angegeben; in letzterer befindet sich die in Betracht kommende Schaltung auf *S. 449 oben.*

Telegraphen-Versuchsamt geschieht, nämlich nicht bei dauernder, sondern bei intermittierender Stromabgabe (Dauer des Stromschlusses 3 Minuten in jeder Viertelstunde).

5. Silbervoltameter und Normalelemente [1]).

Im Berichtsjahr wurden, im Verein mit dem elektrischen Laboratorium der Abt. I, in der früher in der Reichsanstalt für silbervoltametrische Messungen benutzten Anordnung sorgfältige Vorversuche mit drei hinter einander geschalteten Platintiegeln unternommen; die innere Übereinstimmung eines Versuchs war erheblich größer, als diejenige der verschiedenen Reihen. Um festzustellen, wie weit sich die Genauigkeit bei der Bestimmung des Silberniederschlags steigern läßt, wurden zunächst, auf der im vorigen Bericht erwähnten Wage, Wägungen der leeren Tiegel vorgenommen, und zwar unter Anwendung der bei Silbervoltameter-Versuchen notwendigen Behandlungsweise der Tiegel. Hierbei sind Schwierigkeiten aufgetreten, die indessen jetzt als beseitigt gelten können.

Die in der Mitteilung „Untersuchung über Normalelemente, insbesondere über das Westonsche Kadmium-Element" (*diese Zeitschr.* ***21.*** *S. 33, 65. 1901*) erwähnten Kadmium-Elemente (etwa 70 Stück) sind seit 1901 in einer größeren Zahl von Messungsreihen sorgfältig miteinander verglichen worden. Sobald eine größere Zahl von Normalelementen mit dem neuen Merkurosulfat (vgl. *S. 120*) demnächst hergestellt und an das Silbervoltameter angeschlossen ist, soll eine zusammenfassende Darstellung dieser Messungen gegeben werden.

Betreffs der zusammen mit dem Laboratorium für Wärme und Druck erledigten pyrometrischen Arbeiten vgl. unter ***III. 4.***

C. Referat für die Elektrischen Prüfämter [2]). *1. Neue Prüfämter.*

Die Einrichtungen für das von dem Senat der Stadt Bremen errichtete Elektrische Prüfamt 7 sind fertiggestellt und bei einer im Dezember 1906 vorgenommenen Besichtigung den Vorschriften entsprechend gefunden worden. Die Eröffnung des Prüfamtes ist durch Verfügung des Reichskanzlers vom 28. Jan. 1907 erfolgt.

2. Beschäftigung der Prüfämter.

Die Beschäftigung der übrigen Prüfämter ist im wesentlichen die gleiche wie im Vorjahre geblieben.

3. Systemprüfungen.

Folgende Zählersysteme sind im Berichtsjahre zur Beglaubigung zugelasssen worden:

System 17: *Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom*, Form KJ, und *für Drehstrom mit gleichbelasteten Zweigen*, Form DM und DO, hergestellt von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin.

„ 18: *Induktionszähler für Drehstrom*, Form D1, hergestellt von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin.

„ 19: *Induktionszähler für Wechselstrom*, Form ACT, hergestellt von der Danubia A.-G. in Wien und Straßburg i. E.

„ 20: *Induktionszähler mit Glockenanker für einphasigen Wechselstrom*, Formen W und WJ, hergestellt von der Firma Siemens & Halske A.-G. in Berlin und den Siemens-Schuckert-Werken in Nürnberg.

Außerdem wurden in das von der Aktiengesellschaft Mix & Genest in Berlin hergestellte System 14 zwei weitere Formen (AG1 und G) aufgenommen.

D. Magnetisches Laboratorium [3]). *1. Übersicht über die Prüfungsarbeiten.*

I. Meßapparate.

Magnetisierungsapparate (nach Koepsel-Kath) der Firma Siemens & Halske A.-G. 5

II. Materialien.

Die Anzahl der Prüfungen betrug

für unmagnetisches Material (Nickelstahl) 15

„ Stahlguß, Gußeisen u. s. w. 38

---

[1]) Jaeger, Lindeck.

[2]) Feußner.

[3]) Gumlich, Vollhardt.

für Magnetstahl in Stabform 1
„ Hufeisenmagnete 6
„ Dynamoblech 40

und zwar wurden 13 von den letzteren Proben nur statisch, 23 nur wattmetrisch, 4 nach beiden Methoden untersucht.

2. Vergleichung von Untersuchungsmethoden für magnetische Materialien.

Die schon im vorigen Bericht erwähnten Versuche, Scherungskurven für das Joch zur Untersuchung von Dynamoblech zu finden, wurden fortgesetzt. Es wurden zu diesem Zweck von sechs verschiedenen Dynamoblechsorten Ringe auf der Drehbank ausgestochen und aus deren unmittelbarer Nachbarschaft sowohl in als auch senkrecht zu der Walzrichtung schmale Streifen für die Untersuchung im Joch ausgesägt, da durch das Aussägen unter besonderen Vorsichtsmaßregeln das Material verhältnismäßig am wenigsten gehärtet wird und die hierbei noch eintretende Vergrößerung der Koerzitivkraft ziemlich genau bestimmt werden kann. Die Untersuchung der mit Primär- und Sekundärwickelung versehenen Ringe sollte dann die absoluten Kurven liefern, deren Abweichung von den mit dem Joch gewonnenen Kurven die gesuchten Scherungskurven ergeben würde. Leider sind diese zeitraubenden Versuche vollständig mißlungen, da die gefundenen Scherungskurven ganz regellos verlaufen. Der Grund hierfür scheint, da auch das Abbeizen der Oxydschicht keine merkliche Verbesserung brachte, lediglich in der Ungleichmäßigkeit des Dynamoblechs zu liegen, welche im vorliegenden Falle namentlich bei hohen Induktionen störend wirkte. Es soll späterhin noch der Versuch gemacht werden, diese Ungleichmäßigkeit durch Ausglühen der Proben im Gasofen zu beseitigen. Bis auf weiteres aber müssen noch für die Dynamobleche die aus den Ellipsoidbeobachtungen für zylindrische Stäbe gewonnenen Scherungskurven verwendet werden, was allerdings gerade in Anbetracht der großen Ungleichmäßigkeit des gewöhnlichen Dynamoblechs unbedenklich erscheint.

Bei den Untersuchungen im Joch mittels des ballistischen Galvanometers machen sich namentlich bei sehr weichem und frisch geglühtem Material die sogenannten „Nachwirkungserscheinungen“ störend bemerkbar. Dieselben werden, worauf schon früher gelegentlich der Versuche mit dem Heuslerschen Material hingewiesen wurde, durch das Joch stark vergrößert. Da nun andrerseits diese Erscheinungen bei unterteiltem Material, wie Blech und Draht, weniger stark aufzutreten scheinen als bei Stäben von größerem Querschnitt, so wurde versuchsweise ein vorhandener Ring aus Dynamoblech zu einem Joch umgearbeitet. Die Versuche damit sind noch nicht abgeschlossen und sollen unter Umständen auch auf andere Blechsorten, namentlich auf sog. legiertes Metall, ausgedehnt werden.

3. Anfangspermeabilität.

Die Versuche über die Magnetisierbarkeit verschiedener Materialien durch sehr kleine Kräfte („Anfangspermeabilität“) haben gezeigt, daß das neue, sog. legierte (siliziumhaltige) Material neben seinen sonstigen wertvollen Eigenschaften auch eine ungewöhnlich hohe Anfangspermeabililtät besitzt. Sodann ergaben die im Gang befindlichen Ausglühversuche (s. unten), daß es durch geeignetes Ausglühen möglich ist, auch bei gewöhnlichem Material eine beträchtliche Anfangspermeabilität zu erzielen. Die Versuche, welche namentlich für die Herstellung von Schutzpanzern für störungsfreie Galvanometer von Wichtigkeit sind, werden fortgesetzt.

4. Größe der Koerzitivkraft bei sprungweiser Magnetisierung.

Da ein früher in der Reichsanstalt gefundenes Resultat[1]), wonach die Höhe der Remanenz und Koerzitivkraft bei weichem Material beträchtlich von der Größe der angewandten Magnetisierungssprünge abhängt, durch Versuche von anderer Seite in Frage gestellt worden war, so wurden die Messungen nach dem früheren, aber beträchtlich empfindlicher gestalteten Verfahren wieder aufgenommen. Sie ergaben das gleiche Resultat wie früher, daß nämlich die Koerzitivkraft am größten bei stetiger Magnetisierung ist und um so kleiner wird, je größer die angewandten Sprünge sind. Die Differenz zwischen der Koerzitivkraft bei stetiger Magnetisierung und den größten möglichen Sprüngen stieg bis über 40%; bei härterem Material sowie bei Dynamoblech sind die Änderungen geringer. Da die Koerzitiv-

[1]) Gumlich und Schmidt, *Elektrotechn. Zeitschr.* **21.** *S. 233. 1900.*

kraft als angenähertes Maß für die Energievergeudung bei der Ummagnetisierung betrachtet werden kann, so gilt das gefundene Resultat auch für die Energievergeudung (Anh. Nr. 47).

Analoge Erscheinungen, wie die Koerzitivkraft, zeigte auch die Remanenz.

5. Einfluß der chemischen Zusammensetzung und thermischen Behandlung auf die magnetischen und elektrischen Eigenschaften der Eisenlegierungen.

Ehe man an die Untersuchung systematisch zusammengesetzter Eisenlegierungen gehen konnte, war es erwünscht, zunächst die Wirkung des Ausglühens bei verschieden hohen Temperaturen auf eine Anzahl möglichst verschiedener Eisenproben in Stab- und Blechform zu untersuchen. Die Beschaffung der nötigen Proben war deshalb schwierig, weil beim heutigen Stand der Technik schon das Material für gewöhnliches Schwarzblech von hoher Reinheit und Güte ist. Schließlich gelang es, dank dem Entgegenkommen des Hütten-Aktien-Vereins „Rote Erde" b. Aachen, der Hüstener Gewerkschaft, der Feinblechwalzwerke von Capito & Klein sowie der Gebr. Reusch sieben Proben von teils verschiedener chemischer Zusammensetzung, teils verschiedener Behandlung beim Auswalzen zusammenzubringen, und zwar genügt bei fünf dieser Proben die verfügbare Quantität nicht nur zur Untersuchung nach der statischen, sondern auch nach der wattmetrischen Methode mittels des Möllingerschen Apparates. Die chemische Untersuchung wurde in dankenswerter Weise durch den Hütten-Aktien-Verein „Rote Erde" und durch das Stahlwerk Hösch in Dortmund ausgeführt.

Zunächst wurde die Bestimmung der drei Umwandlungspunkte beim Temperatur-Auf- und -Abstieg nach der Roberts-Austenschen Methode für sämtliche Proben ausgeführt. Dieselbe gelang trotz des teilweise sehr geringen Kohlenstoffgehalts (0,05 %) fast überall, nur das Intervall des zweiten Umwandlungspunktes bei steigender Temperatur ließ sich nach dieser Methode nicht scharf umgrenzen. Da jedoch gerade beim Durchgang durch diesen Punkt das Eisen die Magnetisierbarkeit verliert, so konnte der Umwandlungspunkt mittels des Magnetometers scharf ermittelt werden, indem man die Erwärmung in einem mit einer Nickeldrahtspule bewickelten Röhrenofen vornahm, welcher magnetisierend wirkte. Der Beginn und das Ende der Umwandlungsperiode ließ sich dann durch das Zurückgehen des Ausschlags eines neben dem Ofen aufgestellten Magnetometers hinreichend scharf bestimmen. Die magnetometrische Methode wurde stets auch für den entsprechenden Punkt bei sinkender Temperatur zur Kontrolle der Ergebnisse der Roberts-Austenschen Methode benutzt; beide Methoden lieferten sehr nahe übereinstimmende Temperaturen.

Die auszuglühenden Proben bestanden aus je 6 Stäben und 6 Blechbündeln von meist identischer chemischer Zusammensetzung, indem beim Auswalzen der Blechtafeln eine Platine zurückbehalten wurde, die zur Herstellung der Probestäbe diente; nur von einer Marke stand kein Blech zur Verfügung. Die Probeblechbündel wurden Tafeln entnommen, die im Walzwerk noch nicht ausgeglüht waren und deshalb meist eine sehr beträchtliche mechanische Härtung zeigten.

Von sämtlichen Proben wurde vor und nach dem Glühen eine Permeabilitätskurve sowie eine vollständige Hystereseschleife im Joch aufgenommen und auch die Koerzitivkraft magnetometrisch bestimmt. Die Stäbe wurden so lang bemessen, daß nach dem Ausglühen ein Stück für die mikrographische Untersuchung abgeschnitten werden konnte, welche Hr. Dipl.-Ing. Goerens, Dozent an der Technischen Hochschule zu Aachen, auszuführen sich bereit erklärt hat. Es besteht die Hoffnung, daß gerade diese allerdings ungemein zeitraubende und mühevolle Untersuchung des Gefüges auch zur Erklärung mancher bis jetzt noch dunkler Erscheinungen auf dem magnetischen Gebiet beitragen und namentlich die chemische Untersuchung wirksam ergänzen wird. Den Blechbündeln wurde stets ein besonderer Streifen zur mikrographischen Untersuchung sowie ein ebensolcher für die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit beigelegt, die auch an den Stäben vor und nach dem Glühen ermittelt wurde. Da der hierzu hergestellte Apparat sowohl bei Zimmertemperatur als auch bei 100° benutzt werden kann, wird auch stets der Temperaturkoeffizient des Leitvermögens zwischen 20° und 100° bestimmt werden.

Sowohl zur Bestimmung der Leitfähigkeit als auch der magnetischen Induktion ist es natürlich unerläßlich, daß der Querschnitt der Proben während des Glühens keine merkliche Änderung durch Oxydation erleidet. Dies erreichte man dadurch, daß man einen größeren,

mit käuflichem Stickstoff gefüllten Glasballon mit dem evakuierten Porzellanrohr des Ausglühofens in Verbindung setzte und den Proben zum Schutz gegen den im Stickstoff noch vorhandenen Sauerstoff Rollen aus Eisenspänen vorlagerte.

Die Ausglühversuche, bei welchen jedesmal etwa 6 Proben gleichzeitig im Ofen Platz fanden, erstreckten sich zunächst auf die Temperaturen 660°, 735°, 785° und 900° C. Die Temperatur, die stets mittels eines registrierenden Pyrometers aufgezeichnet wurde, konnte bei Benutzung von Wechselstrom trotz dessen starker Spannungsschwankungen mit einer hierfür konstruierten regulierbaren Drosselspule (Anh. Nr. 46) leicht bis auf wenige Grad konstant gehalten werden. Die Temperaturen waren so gewählt worden, daß die beiden äußersten unter- bezw. oberhalb der Umwandlungspunkte, die beiden mittelsten aber zwischen dem ersten und zweiten bezw. dem zweiten und dritten Umwandlungspunkte lagen. Für mehrere Proben soll die Ausglühtemperatur noch gesteigert werden, bei anderen wird die Einschaltung von Zwischentemperaturen erforderlich.

Die Dauer des Ausglühens wurde zunächst auf 24 Stunden bemessen; der Anstieg und Abstieg erfolgte relativ rasch. Demnächst sollen noch die Änderungen untersucht werden, welche dieselben Proben durch wiederholtes bezw. länger andauerndes Ausglühen sowie durch langsamere Abkühlung erleiden. Auf Grund der so gewonnenen Erfahrungen wird dann das Ausglühen der größeren Blechringe, welche wattmetrisch untersucht werden sollen, im Gasofen erfolgen.

(Schluß folgt.)

Referate.

Der Grubbsche Zwillingsrefraktor auf der Radcliffe-Sternwarte zu Oxford.

Engineering **82.** *S. 819. 1906.*

Aus der eingehenden, mit zahlreichen Figuren versehenen Mitteilung sei hier das Wesentlichste betreffs der Dimensionen und Einrichtungen des Instrumentes und seiner Kuppel wiedergegeben.

Von den beiden zu einem Instrument, wenn auch nicht in einem Rohr, vereinigten Refraktoren dient der eine zur photographischen, der andere zur visuellen Beobachtung. Das Objektiv des ersteren hat 61 *cm*, das des letzteren 46 *cm* Öffnung; die Brennweite eines jeden ist gleich 6,86 *m*. Das visuelle Fernrohr wird sowohl für sich allein zur Beobachtung benutzt wie auch als Leitfernrohr bei photographischen Aufnahmen von längerer Dauer.

Die Kuppel, welche ebenfalls Grubb geliefert hat, besteht aus einem Stahlgerippe, das mit Papiermaché von 7 *mm* Stärke bedeckt ist; ihr innerer Durchmesser beträgt 9¾ *m*. Mit ihrem unteren glatten Rand ruht sie auf 17 Rollen von 46 *cm* Durchmesser; die 4,5 *cm* starken Achsen dieser Rollen bewegen sich wiederum auf den glatten Rändern einer U-förmigen Rinne. Gegen Verschiebung in radialer Richtung wird die Kuppel geschützt durch 9 horizontale Rollen von 18 *cm* Durchmesser, die, mit dem Kuppelrand durch ein Gestänge verbunden, seitlich gegen die U-förmige Rinne drücken und an ihr entlang laufen. Die Drehung der Kuppel geschieht durch ein Handseil, durch das ein mit der Kuppel in fester Verbindung stehendes Zahnrad auf einem neben jener Rinne hinlaufenden Zahnkranz fortbewegt wird. Der Spalt der Kuppel hat unten eine Weite von 2,9 *m*, oben von 1,4 *m* und erstreckt sich etwas über das Zenit hinaus. Der ihn schließende Rahmen hat eine geringere Krümmung als die Kuppelwandung und bewegt sich auf einer Schiene zur Seite, deren Krümmungsmittelpunkt auf der entgegengesetzten Seite der Kuppel liegt.

Der Fußboden der Kuppel wird durch eine hydraulische Presse in die für den Beobachter geeignete Höhe gebracht. Der Höhenunterschied zwischen seiner höchsten und tiefsten Stellung beträgt 2,7 *m*. Zum Schutz gegen Unfälle trägt er an seiner äußeren Grenze ein kreisförmiges und an seiner inneren ein ovales, den Pfeiler umgebendes Geländer. Durch das erstere kann man bei der höchsten Stellung des Fußbodens auf eine die Kuppel im Innern umgebende Galerie treten, und zwar öffnen sich die Türen in den Geländern auto-

matisch, wenn der Fußboden in seine oberste Lage kommt, und schließen sich ebenso wieder, wenn er diese Lage verläßt. In gleicher Weise findet beim Erreichen und Verlassen der tiefsten Stellung des Fußbodens ein automatisches Öffnen und Schließen der Geländertür statt, sodaß in der Tat ein Unfall ausgeschlossen erscheint. Durch acht Gewichte ist der drei Tonnen schwere Fußboden nahezu ausbalanciert, derart, daß er sich, wenn kein Gegendruck wirkt, langsam senkt; ferner ist in gleicher Weise wie bei den Versenkungen auf der Theaterbühne Vorsorge getroffen, daß auch bei stark einseitiger Belastung keine Neigung des Fußbodens eintritt. Der hydraulische Druck genügt noch zur Hebung, wenn 6 bis 8 Personen sich auf dem Fußboden befinden. Der Beobachter kann von seinem Sitz aus durch zwei Schnüre, welche zu zwei Triebrädern führen und so einen Dreiweghahn zu drehen erlauben, die Stellung des Fußbodens innerhalb des angegebenen Höhenintervalles nach Belieben ändern.

Der aus Backstein aufgerichtete Pfeiler hat einen Querschnitt von $2,6 \times 2,0$ *m*; in seinem Innern birgt er den 7,5 *m* tiefen Fallraum für das über 400 *kg* schwere Uhrgewicht. Dieses kann, wenn es abgelaufen ist, durch Wasserkraft wieder aufgezogen oder, was weniger empfehlenswert ist, während des Ganges der Uhr in kurzen Zeitintervallen immer wieder auf seine Höhe gebracht werden.

Von besonderem Interesse sind bei den großen Instrumenten die Einrichtungen zur leichten Bewegung der schweren Massen. Zur Verminderung des von der Polarachse nach unten ausgeübten Druckes ist sie, wie das bei vielen Instrumenten der Fall ist, nahe ihrem oberen Ende mit einem abgeschrägten Ring umgeben, der auf drei vertikalen, nebeneinander stehenden Rollen aufliegt. Es sind deren drei statt einer, weil bei der Drehung der Polarachse die äußeren Teile des auf ihr sitzenden Ringes eine größere lineare Geschwindigkeit besitzen, als die inneren und daher sonst Zwängungen und Stöße erfolgen würden. Zur Verminderung der Reibung laufen die Rollen auf Stahlkugeln. Die Achse der Rollen wird von einer Stange getragen, welche an dem kastenförmigen eisernen Unterbau des Fernrohres vorbei bis auf den Backsteinpfeiler führt. Dort steht sie auf einem einarmigen Hebel nahe dessen Unterstützungspunkt, und durch Höher- und Tieferstellen des freien Hebelendes mittels einer Schraube ist die Möglichkeit eines größeren oder geringeren nach oben auszuübenden Druckes gegeben. Der Schwerpunkt der beweglichen Teile des Instrumentes liegt in der Verlängerung jener Stange nach oben, also vertikal über den Rollen.

Der Kreissektor, durch dessen Vermittelung das Uhrwerk die beiden Fernrohre dem rotierenden Himmel nachführt, sitzt am unteren Ende der Polarachse, während er von anderen Mechanikern in der Regel bekanntlich oben angebracht zu werden pflegt. Das Uhrwerk besitzt die von Grubb schon häufig bei größeren Instrumenten angewandte elektrische Einrichtung zur Korrektion eines fehlerhaften Standes und Ganges, über welche in *dieser Zeitschr. 8. S. 328 u. 435. 1888* berichtet worden ist. Doch geschieht die Kontrolle des Standes und Ganges im vorliegenden Fall nur durch den Beobachter und nicht auch durch ein jede Sekunde einen Stromschluß bewirkendes Pendel. Das Wesentliche an der Einrichtung ist, daß der Gang des Uhrwerks bei der Korrektion der Fernrohrbewegung nicht beeinflußt wird. Ermöglicht wird dies aber dadurch, daß die das Uhrwerk mit dem Kreissektor verbindende Welle aus drei über- bezw. ineinander greifenden Teilen besteht, infolgedessen das nach dem Sektor zu gelegene Stück nicht mit der gleichen Geschwindigkeit wie das nach dem Uhrwerk zu liegende Stück zu rotieren braucht, sondern durch Vermittelung von Rädern mit ungleicher Zahl von Zähnen zu einer rascheren oder langsameren Drehung veranlaßt werden kann.

Auf diese Weise wird die Stellung des Fernrohres natürlich nur um ganz geringe Beträge korrigiert. Um raschere Stellungsänderungen zu bewirken, wird eine Scheibe, die bei der Differenzialbewegung der beiden Wellenteile in Ruhe bleibt, während ein auf ihr sitzendes sogenanntes Planetenrad zwei in dasselbe eingreifenden, fest auf den beiden Wellenteilen sitzenden Zahnrädern infolge ihrer verschiedenen Zahnzahl eine ungleiche Geschwindigkeit erteilt, jetzt durch einen Elektromotor in Bewegung gesetzt. Der Beobachter

kann letzteren durch einen in der Hand gehaltenen Kommutator in diesem oder jenem Sinn anlaufen lassen und zum Stehen bringen; allerdings empfiehlt es sich, nicht den Starkstrom direkt durch die Schnüre fließen zu lassen, sondern Relais zwischenzuschalten.

Stundenkreise sind zwei an der Zahl vorhanden, einer am unteren und einer am oberen Ende der Polarachse. Jener wird durch zwei Mikroskope, dieser vom Okularende des Fernrohres aus mittels zweier Nonien abgelesen. Der Weg der Lichtstrahlen ist in letzterem Falle allerdings ein komplizierter, indem er vom Stundenkreis erst nach dem hinteren Ende der Deklinationsachse, dann die Mittellinie derselben entlang in das Fernrohr und nun im Innern desselben bis zum Fernrohr geht. Vier totalreflektierende Prismen dienen dazu, die Wegrichtung jedesmal um 90° zu ändern, während zwei Linsen oder Linsensysteme, eines im Innern der Deklinationsachse nahe ihrem hinteren Ende und eines im Fernrohrtubus, ein Bild der Kreisteilung entwerfen, welches vom Beobachter durch ein zum Teil in dem Tubus steckendes Fernröhrchen abgelesen wird. Dasselbe Fernröhrchen dient auch zur Ablesung des Deklinationskreises, wenn in jenen Strahlengang ein um ein Scharnier sich bewegender Spiegel durch Zug an einer Stange eingeschaltet wird. Die Beleuchtung der Kreise ist elektrisch.

Bei der Deklinationsachse wird der Druck im Lager dadurch vermindert, daß um sie, nahe ihrem vorderen Ende, ein Ring gelegt ist, welcher an zwei Stellen geschlitzt ist und in diesen Schlitzen Rollen trägt, die durch Öffnungen im Mantel der Deklinationsachse hindurch diese tragen helfen. Durch einen auf dem Mantel der Deklinationsachse sitzenden, in einem Kugelgelenk gelagerten, zweiarmigen Hebel, an dessen kurzem Arm sich der erwähnte Ring und an dessen langem, über die halbe Deklinationsachse sich hin erstreckendem Arm sich das Gegengewicht befindet, werden die beiden Rollen gegen die Deklinationsachse gedrückt, und zwar mit gleicher Kraft, wenn das Fernrohr im Stundenwinkel 6 Uhr steht, bei allen anderen Stellungen des Fernrohres aber die tiefer gelegene Rolle stärker, als die höher gelegene.

Eine Verminderung des Druckes, welchen das Fernrohr auf die Endflächen des Mantels der Deklinationsachse ausübt, wird dadurch herbeigeführt, daß in dem würfelförmigen Teil des Mantels zwei die Deklinationsachse umgebende Ringe von Manganbronze mit ihren nach innen abgeschrägten Rändern zwei zwischen ihnen und rechtwinklig zu ihnen liegende, im Würfelinnern angebrachte Rollen berühren. Diese letzteren rollen sich bei Bewegung des Fernrohres in Deklination auf dem nach der Seite hin befindlichen Ringe ab, von welcher aus der Druck erfolgt.

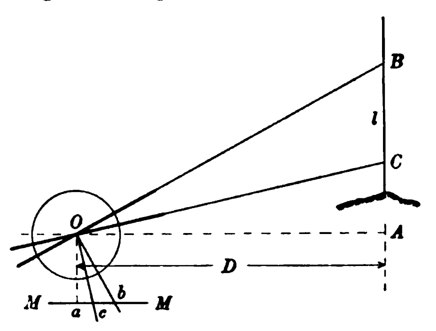
Da das visuelle Fernrohr nicht nur als Leitfernrohr für das photographische, sondern auch für sich allein gebraucht werden soll, so ist es mit einem Fadenmikrometer versehen und auch mit einer Druckvorrichtung zur Angabe der Stellung des beweglichen Mikrometerfadens auf einem über zwei Spulen laufenden Papierstreifen. Außer der auf der Mikrometerschraube festsitzenden Trommel ist noch eine zweite vorhanden, welche bei jeder vollen Umdrehung der Mikrometerschraube nur $^1/_{50}$ Umdrehung zurücklegt, sodaß an dieser Trommel die ganzen und an jener die Bruchteile der Umdrehungen der Mikrometerschraube abgelesen werden können. Beide Trommeln besitzen aber nicht nur eine zur Ablesung dienende Silberteilung, sondern auch eine erhabene, in Stahl geschnittene Teilung, durch welche ihr jeweiliger Stand, wie erwähnt, bei Druck eines Papierstreifens gegen sie aufnotiert wird. Als geeignetstes Material für das Kissen, welches den Papierstreifen gegen die Trommeln drückt, wurde Linoleum befunden. *Kn.*

Der selbstreduzierende Tachymetertheodolit von Charnot.

Von C. Jorio. *Rivista di Topogr. e Catasto* **17.** *S. 141, 174, 187. 1904/05.*

Das Charnotsche Instrument stammt der Konstruktionsidee nach schon aus dem Jahr 1894; es war, ausgeführt von Morin, 1900 auf der Pariser Ausstellung zu sehen. In Deutschland ist es bisher kaum bekannt geworden, und so sei auf den Aufsatz des Verf. hingewiesen.

Jorio teilt die die Horizontaldistanz ohne Rechnung liefernden Tachymeter in zwei Gruppen, solche, die mit *einer* Zielung nach der Latte die Entfernung geben und die Autoreduktoren heißen sollen, und solche, die zwei Lattenablesungen in zwei Stellungen des Fernrohrs verlangen und die Reduktoren heißen sollen. Von der ersten Gruppe seien jedoch nur Modelle von Instrumenten vorhanden, in die Praxis sei keines eingeführt worden (dies ist heute nicht mehr richtig; ein Instrument, das nach Porros drastischem Ausdruck ermöglicht, *„di avere la distanza ridotta tenendo le mani dietro la cintola“*, gibt es freilich nicht); die zweite Klasse stelle die vorläufig allein brauchbare Lösung der Aufgabe vor.



Das Prinzip des Charnotschen Instruments ist schon mehrfach angewendet worden. Entsprechen (vgl. die Figur) den zwei Zielungen OB und OC nach den Punkten B und C der Latte die mit Hülfe eines zur Ziellinie des Fernrohrs senkrechten Arms festzuhaltenden Punkte b und c auf der horizontalen Instrumentenschiene MM, so ist, wenn l die Lattenstrecke BC bedeutet und D die zu bestimmende Entfernung ist, $D = (Oa/cb) \cdot l$; die Punkte b und c sind nun als Anschläge angeordnet, und die Abmessungen sind so gewählt, daß die Konstante (Oa/cb) eine runde Zahl K wird, womit $D = K \cdot l$ sich ergibt. Die zwei den Anschlägen b und c entsprechenden Lattenpunkte B und C sind abzulesen oder vielmehr nur der eine davon, da der andere fest angenommen werden kann. Es ist also hier einfach die Eckholdsche Einrichtung (vgl. *diese Zeitschr.* **15.** *S. 233. 1895*) umgekehrt und allerdings auch vereinfacht. Es sind übrigens an dem Instrument *verschiedene* Strecken cb vorhanden, die nach Wunsch und Bedarf $K = 10$, 50 und 100 machen (für $K = 10$ reicht eine 4 *m* lange Latte nur bis 40 *m*, wogegen allerdings größere Genauigkeit erlangt werden kann). Das Instrument ist, wie gewöhnlich, auch zu anderen Messungen (als Nivellier u. s. f.) geeignet; ferner gestattet es, alle 6 trigonometrischen Funktionen des Höhenwinkels abzulesen (unmittelbar die *tang*, womit die trigonometrische Höhenrechnung einfach wird, auf der Schiene MM, ferner die *sec* in der Länge des von O ausgehenden Armes). Versuchsmessungen nach Zeit und Genauigkeit werden nicht mitgeteilt. *Hammer.*

Graphische Tafeln für Tachymetrie (für alte Teilung).

Von F. Wenner. Darmstadt 1905. Auf Karton aufgezogen 1,50 M.

Den in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 89. 1906* angezeigten Tafeln für neue Kreisteilung sind sofort auch solche für sexagesimale Winkelteilung gefolgt. Einrichtung und Bezugsquelle sind *a. a. O.* bereits genannt, die Ausführung dieser zweiten Tafel ist ebenso gut wie die der ersten. Nur ist abermals darauf hinzuweisen, daß der Umfang sowohl der Tafel zur Reduktion auf die horizontale Entfernung wie der Tafel für die h für die topographische Tachymetrie sehr häufig nicht ausreicht (bei jener geht E nur bis 200 *m*, bei der h-Tafel gar nur bis zu 100 und 150 *m*), sodaß man allzu oft zur Verdopplung seine Zuflucht nehmen muß; auch ist das Netz der Argumentlinien und der Isoplethen an manchen Stellen der Tafel zu eng oder der Schnittwinkel beider Geradensysteme zu ungünstig, als daß rasch und bequem abgelesen werden könnte. Im ganzen stellen aber diese billigen graphischen Tafeln, wie schon bei der ersten angegeben, einen willkommenen Zuwachs zu der an sich fast überreichen Tachymetertafel-Literatur vor. *Hammer.*

Hochvakuum-Pumpe nach Gaede.

Nach einem Prospekt.

Die Gaedesche Quecksilber-Luftpumpe wurde zum ersten Male auf der Meraner Naturforscher-Versammlung 1905 vorgeführt (vgl. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **7.** *S. 287. 1905; Physikal. Zeitschr.* **6.** *S. 758. 1905*). Sie ist seit jener Zeit in mancher Beziehung ver-

vollkommnet und hat sich inzwischen in vielen physikalischen Hochschulinstituten bestens bewährt.

Die Pumpe ist in Fig. 1 in Seitenansicht, in Fig. 2 im Durchschnitt durch Gehäuse und Trommel in ¼ nat. Größe dargestellt; Fig. 3 gibt eine Gesamtansicht.

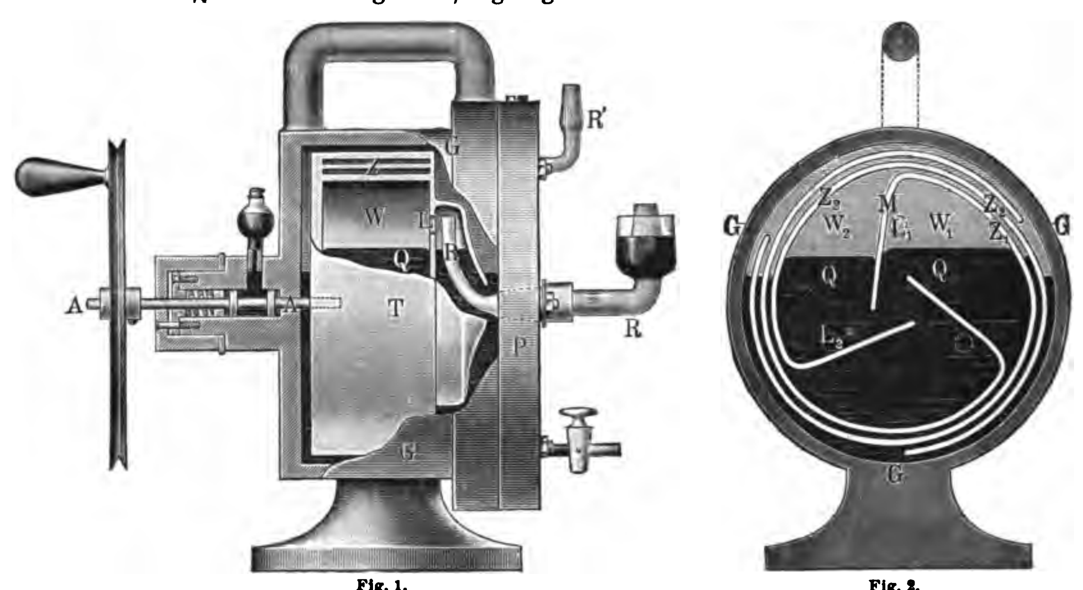


Fig. 1. Fig. 2.

Die Pumpe besteht aus einem etwas mehr als zur Hälfte mit Quecksilber gefüllten Eisenbehälter *G*, in welchem eine Porzellantrommel *T* rotiert. Die Porzellantrommel selbst ist (Fig. 2) in drei symmetrisch abgegrenzte Kammern *W* unterteilt, welche durch ringförmige Kanäle *Z* mit dem Innern des Eisengehäuses kommunizieren. Jede der Kammern ist in der Rückwand mit einer Öffnung (L_1, L_2) versehen, durch welche die Kammer, welche sich gerade oberhalb des Quecksilbers *Q* befindet, mittels des Anschlußrohres *RR* mit dem zu evakuierenden Raume in Verbindung steht. Denkt man sich jetzt die Trommel im umgekehrten Sinne des Uhrzeigers gedreht, so wird diejenige Kammer, deren Öffnung L_1 gerade aus dem Quecksilber heraussteigt, immer mehr und mehr vom Quecksilber entleert, es entsteht somit in ihr ein luftverdünnter Raum, in welchen Luft aus dem zu evakuierenden Gefäße nachgesaugt wird. Bei weiterer Drehung taucht schließlich die Öffnung L_1 unter Quecksilber; die zugehörige Kammer W_1 erreicht die Lage der Kammer W_2, welche nach und nach immer weiter ins Quecksilber untertaucht, sodaß die darin befindliche Luft durch den anschließenden ringförmigen Kanal in das Innere des Eisenbehälters *G* ausgetrieben wird. Inzwischen ist aber die Öffnung L_1 der nächsten Kammer vom Quecksilber frei geworden, und der geschilderte Vorgang des Ansaugens und später des Ausstoßens der Luft spielt sich hier von neuem ab.

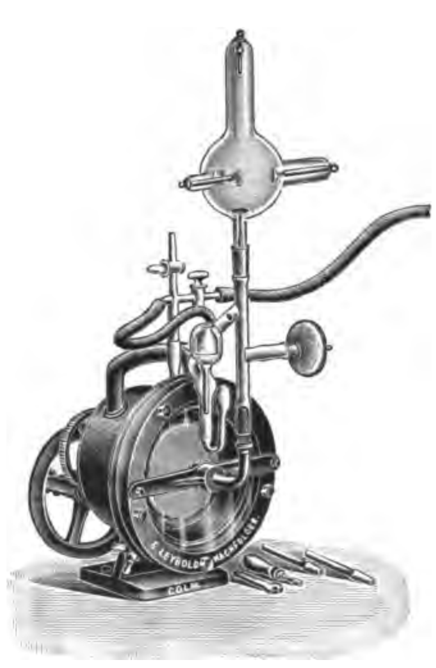


Fig. 3.

Wie man sieht, befindet sich stets eine der Öffnungen *L* außerhalb des Quecksilbers, die Wirkung der Pumpe ist also eine kontinuierliche. Vorbedingung für ihre Inbetriebnahme ist nur die Herstellung eines Vorvakuums von 15 bis 20 *mm* Hg, das durch Anschluß

des Rohres R' (Fig. 1) an eine Wasserstrahl- oder Kolben-Pumpe erzielt und während des Ganges der rotierenden Pumpe aufrecht erhalten wird.

Der mit Quecksilber gefüllte Eisenbehälter wird auf der Stirnseite durch eine dicke Glasplatte abgeschlossen, welche in eine Fassung P eingekittet ist und mit dieser an das Gehäuse angeschraubt wird. Die Glasplatte ist dreifach durchbohrt, einmal für die beiden schon genannten Rohre R und R', sodann für einen Hahn der zum Füllen der Pumpe mit Quecksilber bezw. zum Entleeren dient. Die Rückwand des Gehäuses ist einfach durchbohrt zum luftdichten Durchlaß der Welle AA, welche die Porzellantrommel trägt. Auf die Welle ist ein Schnurrad aufgesetzt, welches zum maschinellen Antrieb der Pumpe dient.

Als Leistungsfähigkeit der Pumpe wird im Prospekt mitgeteilt, daß ein Rezipient von 6 *l* Inhalt bei einem Anfangsdruck von 10 *mm* im Mittel in 5 Min. auf etwa 0,035 *mm*, gemessen mit dem MacLeodschen Manometer, in etwa 16 Min. auf das höchste mit Quecksilberpumpen erreichbare Vakuum entleert wurde.

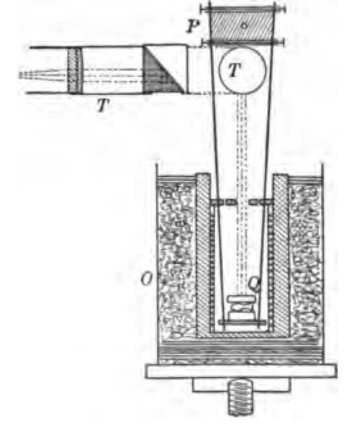
Jedenfalls kann ausgesprochen werden, daß die Gaedesche Pumpe den besten Quecksilberpumpen hinsichtlich der Höhe des erreichten Vakuums und Schnelligkeit der Wirkung nicht nachsteht. Ihre Leistungsfähigkeit kann noch erhöht werden, wenn man die ganze Pumpe mit Eisbeuteln bedeckt und mit wärmeisolierenden Materialien umgibt und dadurch die Spannkraft der Quecksilberdämpfe beträchtlich herabmindert.

Die Gaede-Pumpe wird von der Firma E. Leybolds Nachfolger in Köln a. Rh. gebaut und vertrieben. Der Preis einer solchen Pumpe beträgt 330 M., wozu die allerdings auch nicht ganz unbeträchtlichen Kosten für das benötigte Quantum Quecksilber (1,3 bis 1,5 *l*, das sind fast 20 *kg*) hinzukommen. *Schl.*

Die Ausdehnung des geschmolzenen Quarzes (Quarzglases).

Von D. Minchin. *Phys. Rev.* **24.** *S. 1. 1907.*

Die Arbeit schließt sich an diejenigen von Randall, Ayres und Shearer an, über die in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 120. 1905* berichtet ist. Sie verfolgt den Zweck, die Ausdehnung des Quarzglases bis zu höherer Temperatur nach der Fizeauschen Interferenzmethode zu messen. Hierzu diente ein von der Firma C. Zeiß in Jena hergestelltes, vollständig aus Quarzglas zusammengesetztes Interferenzsystem, nach dem Vorgange Pulfrichs aus Ring, Boden- und Deckplatte bestehend. Der Ring, der in bekannter Art oben und unten zu je drei Füßchen ausgearbeitet war, hatte eine Höhe von fast 10 *mm*; er war vollkommen planparallel, sodaß zur Hervorbringung der Newtonschen Interferenzstreifen noch auf der Bodenplatte inmitten des Ringes eine schwach keilförmige, unten zu drei Füßchen ausgearbeitete Quarzglasplatte angeordnet werden mußte. Diese Platte, deren Ausdehnung sich somit von der Ausdehnung des Ringes subtrahiert, war etwa 2 *mm* dick; die nutzbare Höhe des Ringes betrug also nur etwa 8 *mm*.



Die Erwärmung des Systems Q erfolgte in einem elektrischen Ofen O (vgl. die Figur), der mit isolierenden Materialien ausgefüllt und, wie in der Figur angedeutet, durch eine mehrfach durchbrochene und zum Zwecke der Montierung nach einem Durchmesser geteilte Platte bedeckt war. Die Öffnungen der Platte dienten einmal der Einführung von Thermometern und der Aufhängevorrichtungen, andererseits gewährte eine zentrale Öffnung dem Lichtstrahl Ein- und Austritt. Diese zentrale Öffnung war mit Glimmer abgedeckt und mit mehreren, ebenfalls durch Glimmerplättchen voneinander getrennten Luftkammern überbaut, wodurch die Wärmeausstrahlung durch die Öffnung gut vermieden war.

Innerhalb des elektrischen Ofens wurde das Quarzsystem *Q* auf einem Träger aufgebaut, der an zwei Porzellanstäben aufgehängt war. Die Porzellanstäbe selbst waren wieder an einem massiven Metallstück *P* befestigt, das auf einer in der Wand verankerten Schiene saß. Mit *T T* ist in der Figur das Beobachtungsrohr (links im Längsschnitt) angedeutet.

Zur Temperaturmessung dienten bis 550° Quecksilberthermometer, die in der Reichsanstalt geprüft waren, zwischen 300° und 1000° Thermoelemente aus Platin und Platiniridium bezw. Platinrhodium, die ebenfalls an die Skale der Reichsanstalt angeschlossen waren.

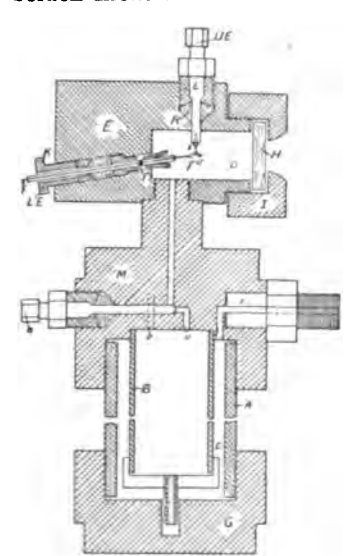
Die Ausführung der Untersuchungen ergab die Anwendbarkeit der Fizeauschen Methode für Ausdehnungsbestimmungen bis 950°; auch in den hohen Temperaturen ist die Ausbildung des Interferenzstreifensystems ebensogut wie in niedrigeren Temperaturen.

Im speziellen fand Verf., daß die Ausdehnung des Quarzglases von Zimmertemperatur bis 950° durchaus gleichmäßig verläuft, ohne eine plötzliche Änderung, wie sie Le Chatelier beobachtet hatte; auch Nachwirkungserscheinungen konnten nicht nachgewiesen werden. Der mittlere Ausdehnungskoeffizient des Quarzglases ergab sich, abgeleitet aus 43 Bestimmungen, zu $44{,}9 \cdot 10^{-8}$. Dieser Wert ist kleiner als die früher nach der Komparatormethode beobachteten von Le Chatelier ($50 \cdot 10^{-8}$ zwischen 0° und 1000°), Callendar ($59 \cdot 10^{-8}$ zwischen Zimmertemperatur und 1000°) und endlich Holborn und Henning ($54 \cdot 10^{-8}$ ebenfalls zwischen Zimmertemperatur und 1000°). *Schl.*

Eine spektroskopische Untersuchung des Funkenspektrums.

Von W. B. Anderson. *Astrophys. Journ.* **24.** *S. 221. 1906.*

Um die Veränderungen zu studieren, welche das Funkenspektrum bei hohem Druck des den Funken umgebenden Gases erleidet, benutzte der Verf. die hier abgebildete Kompressionskammer. Der Entladungsraum *D* ist in einem Stahlblock *E* enthalten, der die beiden Elektroden *UE* und *LE* trägt und durch die dicke Glasplatte *H* verschlossen ist; die übergreifende Muffe *I* ist durch Bleiringe abgedichtet. Die obere Elektrode *UE* ist durch die Schraube *L* verstellbar und nicht isoliert, wogegen die untere sehr sorgfältig isoliert, aber unbeweglich ist. Bei sehr hohem Druck darf, wenn der Funke bei *z* übergehen soll, diese Funkenstrecke nur kleine Bruchteile eines Millimeter betragen. Dabei ist dann die Erhitzung so groß, daß die Elektroden häufig zusammenschmelzen, sodaß nur durch fortwährendes Drehen an *L* der Funkenstrom im Gange zu erhalten ist. Die Isolierung der unteren Elektrode wurde dadurch bewirkt, daß der den Strom zuführende Platindraht *f* im Innern einer Glasröhre durch einen Tropfen leicht schmelzbaren Glases bei *f'* eingeschmolzen wurde. Der Kontakt mit der Elektrode *f''* wurde dann im Innern der Glasröhre durch einen Quecksilbertropfen hergestellt.



Die Füllung von *D* mit einem Gas erfolgt durch die Bohrung *u*. Wird in den äußeren Raum *C* des Zylinders *A* durch das Rohr *s* Wasser eingepumpt, so drängt dieses das im unteren Teile von *C* enthaltene Quecksilber in den inneren Zylinder *B*, komprimiert das dort enthaltene Gas und treibt es durch *u* nach *D*. Ist die in *B* enthaltene Gasmenge nicht ausreichend, so wird *u* durch die Schraube *a* verschlossen, worauf *B* durch die ebenfalls mit einer Schraube verschließbare Bohrung *b* neu gefüllt werden kann. Obwohl alle diese Schrauben an der bei der oberen Elektrode mit *R* bezeichneten Stelle unter starkem Druck mit Gummi gedichtet waren, war es doch sehr schwer, bei Drucken von 80 bis 100 Atmosphären den Apparat dicht zu erhalten, insbesondere bei Füllung mit Wasserstoff.

Um einen Maßstab für die im Funken entwickelte Energiemenge zu gewinnen, verwendete der Verf. den Block *E* selbst als Kalorimeter, indem er das Ansteigen der Temperatur

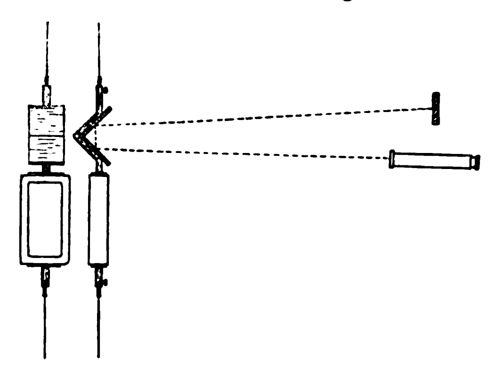
desselben an einem in eine Bohrung eingelassenen Thermometer beobachtete. Geeicht wurde der Apparat, indem an Stelle der Funkenstrecke eine mit Gleichstrom erwärmte Heizspirale gebracht wurde.

Außer dem Druck des Dielektrikums variierte der Verf. auch die anderen Versuchsbedingungen, Stromstärke, Spannung, Selbstinduktion, Widerstand, Kapazität und Frequenz, und er studierte hierbei nicht nur die auftretenden Linienverschiebungen, sondern hauptsächlich die Veränderungen im Aussehen der Linien, die durch zahlreiche photographische Aufnahmen veranschaulicht werden. *J. H.*

Über eine optische Vorrichtung an Ablenkungsinstrumenten.

Von E. F. Northrup. *Phys. Rev.* **24.** *S. 222. 1907.*

Die Bewegungen, welche aufgehängte bewegliche Systeme in Galvanometern und ähnlichen Apparaten infolge von Erschütterungen ausführen, kann man in Drehungen um eine vertikale und in solche um eine horizontale Achse zerlegen. Die letzteren machen sich namentlich bei Drehspulengalvanometern bemerkbar und sind um so störender, da sie fast ungedämpft sind. Northrup wendet nun zwei unter einem rechten Winkel gestellte Spiegel an (s. die Figur); man erkennt ohne weiteres, daß bei einer Drehung des beweglichen Systems um eine horizontale Achse die beiden Strahlen von Skale zum Spiegel und vom Spiegel zum Fernrohr ihre gegenseitige Lage zueinander nicht verändern, sodaß also dadurch das sogenannte „Nicken" der Instrumente beseitigt ist. Auch das Suchen des Skalenbildes ist bei dieser Anordnung in gewissem Sinne vereinfacht, weil beim Verschieben des Fernrohrs nach oben oder unten die Skale in demselben Sinne zu verschieben ist, die gegenseitige Lage von Fernrohr und Skale also fest bleibt. *E. O.*



Abänderung der Methoden von Maxwell-Rayleigh und Anderson zur Messung der Selbstinduktion.

Von A. Zeleny. *Phys. Rev.* **24.** *S. 257. 1907.*

Der Verf. untersucht die bekannte Methode der Selbstinduktionsmessung, bei der die Selbstinduktion in einen Zweig einer Wheatstoneschen Brücke eingeschaltet wird, während die übrigen Zweige aus induktionslosen Widerständen bestehen. Man mißt den Ausschlag eines in den Brückenzweig eingeschalteten ballistischen Galvanometers, wenn der Strom des Hauptzweiges geöffnet wird. Der Hauptkreis enthält einen Normalwiderstand, an dessen Enden der Strom des Hauptkreises mit einem Kompensationsapparat gemessen wird, und einen Schlüssel, der nacheinander den Hauptstromkreis und den Galvanometerkreis öffnet. Die induktionslosen Widerstände in drei der Brückenzweige werden einander gleich gemacht, und zu der Induktionsrolle wird ein Widerstandskasten sowie ein besonders konstruierter Schleifdraht hinzugefügt, um auch den Widerstand dieses Zweiges denen der anderen genau gleich zu machen. Parallel zu einem Widerstand im Galvanometerzweig liegt eine Abzweigung, um eventuelle Thermokräfte kompensieren zu können. Das ballistische Galvanometer wird mittels der freien Ladung eines Kondensators nach der früher vom Verf. angegebenen Art (vgl. *diese Zeitschr.* **27.** *S. 29. 1907*) geeicht. Es wird angegeben, daß die Fehler der Resultate kleiner als 0,02 % sind; dies setzt voraus, daß, wenn sonst alle Fehlerquellen beseitigt sind, der ballistische Ausschlag (ca. 200 Skalenteile im Beispiel) etwa auf 0,04 Skalenteile genau erhalten wird. Der Verf. stellt die Methode als leicht zu handhaben hin; das

stimmt aber nicht mit den Erfahrungen des Ref. überein, der vor einigen Jahren mit einer ganz ähnlichen Anordnung Messungen gemacht hat. Die genaue Abgleichung der Brücke, deren einer Zweig zum größten Teil aus einem Kupferwiderstand besteht, und die Berücksichtigung der Thermokräfte erfordert, zumal das Galvanometer im Brückenzweig ein ballistisches ist, immerhin einige Geschicklichkeit. Auch die Ansicht des Verf., daß durch Anwendung dieser Methode die Messungen mit Wechselstrom überflüssig gemacht werden, ist nicht stichhaltig, da man aus den Messungen nach obiger Methode keinen Schluß auf das Verhalten bei Wechselstrom ziehen kann (Einfluß der Stromverteilung in den Drähten und der Kapazität).

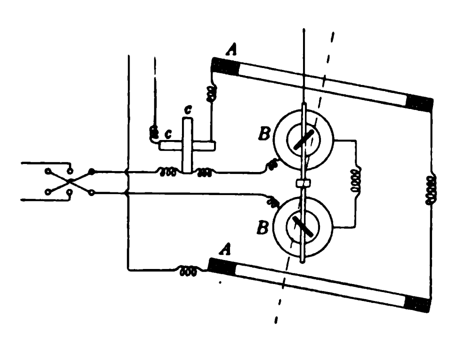
Auch die Andersonsche Schaltung (vgl. z. B. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 264. 1906*) wird benutzt, um mittels ballistischen Galvanometers eine Selbstinduktion mit der *freien* Ladung eines Kondensators zu vergleichen. Dies geschieht ebenfalls durch einen besonderen Schlüssel.

E. O.

Ein neues Wechselstromgalvanometer von hoher Empfindlichkeit.

Von W. S. Franklin und L. A. Freudenberger. *Phys. Rev.* **24.** *S. 37. 1907; The Electrician* **58.** *S. 654. 1907.*

Die ablenkenden Spulen B dieses Galvanometers (vgl. die Figur) sind genau ebenso angeordnet, wie die Spulen eines astatischen Nadelgalvanometers. Die Nadeln sind ersetzt durch kurze Weicheisendrähte, die auf den Spulenachsen senkrecht stehen und mit der Achse der Aufhängung Winkel von 45° bilden und zwar derart, daß die oberen Drähte mit den unteren rechte Winkel bilden. Die Eisendrähtchen werden durch ein Spulenpaar AA von nahezu vertikaler Spulenachse magnetisiert. Würden die Windungsebenen von AA genau horizontal liegen, so hätte das bewegliche System bei völliger Symmetrie aller Teile keine andere Richtkraft, als die des Aufhängefadens. Durch Neigen der Spulen um etwa 5° erhält man eine magnetische Richtkraft von passender Größe.



Werden nun durch A und B Wechselströme gleicher Frequenz geschickt, so verschwindet bei vollständig symmetrischer Anordnung aller Teile die induzierende Wirkung der Spulen A und B aufeinander, weil die Windungsrichtungen der oberen und unteren Spule B entgegengesetzt gerichtet sind. Bleibt aber infolge von Unsymmetrien doch eine geringe gegenseitige Induktion übrig, so schaltet man am zweckmäßigsten in jeden der Kreise A und B je eine kleine Spule cc ein, deren Lage zueinander man so verändert, daß die gegenseitige Induktion beider Kreise sich aufhebt.

Die Empfindlichkeiten von drei derartigen Apparaten sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Nr.	Widerstand	Strom für 1 mm Ablenkung bei 1 m Skalenabstand
1.	2306 Ohm	$4 \cdot 10^{-9}$ Ampere
2.	1,75 „	$6 \cdot 10^{-7}$ „
3.	21 „	$6 \cdot 10^{-8}$ „

Das Prinzip dieses Galvanometers ist, wie den Verf. entgangen zu sein scheint, schon von Giltay angegeben (vgl. *diese Zeitschr.* **6.** *S. 397. 1886*) und von Lord Rayleigh weiter ausgebildet worden (*Phil. Mag.* **43.** *S. 343. 1897*).

E. O.

Neu erschienene Bücher.

J. Fricks Physikalische Technik oder Anleitung zu Experimentalvorträgen sowie zur Selbstherstellung einfacher Demonstrationsapparate. 7., vollkommen umgearb. u. stark verm. Aufl. v. Prof. Dr. Otto Lehmann. In 2 Bänden. Lex. 8°. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. I. Bd., 1. Abtlg. XXIII u. S. 1—630 m. 2003 in d. Text eingedruckten Abbildgn. u. einem Bildnis d. Verf. 1904. 16 M. — I. Bd., 2. Abtlg. XX und S. 631—1631 m. 1905 in d. Text eingedruckten Abbildgn. 1905. 24 M.

Vor fünfzig Jahren, als die erste Auflage des vorliegenden Werkes erschien, lag der physikalische Unterricht fast überall noch sehr im argen. Die pädagogische Bedeutung des Experimentes zur Erläuterung der vorgetragenen Sätze wurde fast allgemein unterschätzt, und da, wo sie erkannt wurde, fehlte es in der Regel an den erforderlichen Mitteln zur Ausführung der in Frage kommenden Versuche. Der angehende Lehrer der Physik fand während seines Studiums an den Universitäten keine Gelegenheit, die nötige Übung in der Handhabung von Apparaten zu erwerben, sodaß insbesondere dem Unterricht an den Mittelschulen fast nirgends das Experiment als Grundlage diente. Hier wollte das Fricksche Buch helfend eingreifen, indem es dem jungen Lehrer eine Anleitung zur Ausführung physikalischer Demonstrationen gab.

Joseph Frick, geboren im Jahre 1806 in Stauffen, war zuerst praktischer Arzt und wirkte dann als Lehrer der Mathematik und Naturwissenschaften am Gymnasium zu Freiburg i. B., später als Leiter der dortigen höheren Bürgerschule. Er starb 1875 als Oberschulrat in Karlsruhe, nachdem sein Buch bereits in 4. Auflage erschienen war. Nach seinem Tode wurde die 5. Auflage von seinem Nachfolger an der Freiburger höheren Bürgerschule, Prof. Reichert, herausgegeben. Die nächste Auflage (1890 u. 1895) wurde von Prof. Otto Lehmann bearbeitet (vgl. *diese Zeitschr. 11. S. 104. 1891* und *16. S. 317. 1896*), dessen Vater als Nachfolger Fricks am Freiburger Gymnasium den physikalischen Unterricht leitete. Von demselben Herausgeber erscheint nunmehr die 7. Auflage des trefflichen Werkes. Bisher liegt der erste Band in zwei Abteilungen vollständig vor.

In seiner neuen Gestalt hat das Buch eine vollständige Umarbeitung erfahren und einen wesentlich größeren Umfang angenommen. Während der Text des gesamten Werkes in der letzten Auflage einen Raum von etwa 1800 Seiten einnahm, enthält nunmehr bereits der erste Band über 1600 Seiten; die Zahl der Figuren ist in diesem Teile allein von 708 auf fast 4000 gewachsen.

Es kam dem Verf. offenbar darauf an, in noch ausgedehnterem Maße als früher den gewiß recht verschiedenartigen Anforderungen gerecht zu werden, die aus dem Kreise der Lehrenden, je nach dem Umfange der ihnen zur Verfügung stehenden Mittel, an ein solches Buch gestellt werden können. Dieses Prinzip ist bei einem derartigen Werke durchaus zu billigen, und es wird zweifellos dazu beitragen, ihm neue Freunde zu erwerben. Bisweilen ist der Verf. allerdings in jener Hinsicht ein wenig zu weit gegangen: Die Darstellung wird hie und da etwas weitschweifig. Das macht sich u. a. bereits in der 16 Seiten langen Vorrede bemerkbar, ferner in der übergroßen Zahl von Zitaten, in denen Urteile von Lehrern der Physik über einzelne Unterrichtsfragen — vielfach im Wortlaute — angeführt werden, sowie an manchen anderen Stellen des Textes, z. B. bei der Erörterung der Frage, wieviel Zellen die Akkumulatorenanlage eines Instituts enthalten soll, oder wenn gelegentlich mit Nachdruck darauf hingewiesen wird, daß man sich beim Transport von Apparaten hüten muß, Teile der letzteren auf den Boden fallen zu lassen. Von solchen störenden Einzelheiten abgesehen, ist jedoch anzuerkennen, daß das Buch gerade durch die Ausführlichkeit des Textes und der figürlichen Beigaben ungemein an Wert gewonnen hat. Hervorgehoben zu werden verdient ferner, daß in noch zahlreicheren Fällen als früher Bezugsquellen und Preise der aufgeführten Apparate und Instrumente angegeben werden.

Der erste Halbband enthält die Beschreibung der Räume eines physikalischen Instituts und deren baulicher Einrichtungen nebst näherer Anleitung zum Gebrauche der letzteren.

In seinen fünf Kapiteln werden behandelt: „Physikalische Demonstrationen und das Institutsgebäude", „Das große Auditorium", „Vorbereitungszimmer und kleines Auditorium", „Sammlungs- und Verwaltungsräume" und „Räume für Mechaniker und Diener". Es wird hierbei mit Vorliebe auf die Einrichtungen des Karlsruher Institutes exemplifiziert, das zurzeit der Leitung des Verf. untersteht. Bisweilen führt dieses Verfahren zu einer gewissen Einseitigkeit in der Darstellung des Gegenstandes, zumal wenn die Einrichtungen jenes Instituts, wie es nicht selten geschieht, auch da, wo eine solche Spezialisierung überhaupt entbehrt werden konnte, dem Leser als einziges Muster vorgeführt werden. Seltsamerweise hält dabei der Verf. selbst die äußere und vielfach auch die innere Einrichtung seines Instituts keineswegs für mustergültig; im Gegenteil weist er wiederholt auf schwerwiegende Mängel des letzteren hin. Dennoch werden aber mehrfach selbst recht primitive Einrichtungen des genannten Instituts in ihrer ganzen historischen Entwickelung beschrieben, z. B. die Heizungsanlage für das große Auditorium (die zurzeit aus einigen im Saale aufgestellten Füllöfen besteht). Dasselbe findet man bei der Besprechung der Projektionsanordnung; nicht jeder wird die in Karlsruhe schließlich gewählte Aufstellung des ganzen Apparates in einer Versenkung unter dem Fußboden, aus der er beim jedesmaligen Gebrauche auf maschinellem Wege heraufgeholt werden muß, für vorbildlich erachten. Da sich das Frick-Lehmannsche Buch in seiner neuen Gestalt zu einem vollständigen Handbuche der Experimentierkunst entwickelt hat, hätten die vollkommeneren Einrichtungen der modernen Institute auch in jenen Fällen etwas mehr berücksichtigt werden sollen.

Mit der Anordnung des Stoffes kann man sich im wesentlichen einverstanden erklären. Manche Dinge freilich, die schon in den allgemeinen Teil (Institutseinrichtung) aufgenommen wurden, wären vielleicht richtiger erst an späterer Stelle gebracht worden. Z. B. ist nicht recht einzusehen, warum elektrische Rheostaten und manche anderen transportablen Apparate bereits unter „Vorbereitungszimmer" ausführlich beschrieben werden. Ebenso enthält u. a. das fünfte Kapitel („Räume für Mechaniker und Diener") einen Abschnitt, betitelt „Zimmer für feine Arbeiten", in welchem allerlei Instrumente beschrieben werden, die der Leser an dieser Stelle schwerlich suchen dürfte, wie Bolometer, Elektrometer, dünndrähtige Thermosäule u. s. w. Dadurch werden überdies in den späteren, speziellen Teilen des Buches Wiederholungen kaum zu vermeiden sein, wofür bereits die zweite Abteilung des ersten Bandes einige Beispiele liefert.

In diesem zweiten Teile beginnt der Verf. nun mit der eigentlichen „Anleitung zu physikalischen Demonstrationen". Einleitend werden einige allgemeine Anweisungen zur Ausführung von Längen-, Winkel-, Zeitmessungen u. dgl. gegeben. Daran schließen sich zwölf Kapitel mit folgenden Überschriften: Statik, Feste Körper, Hydrostatik, Flüssigkeiten, Aerostatik, Gase, Temperatur, Wärmemenge, Dynamik, Hydrodynamik, Aerodynamik, Thermodynamik. Die Gliederung des Stoffes stimmt hier also im wesentlichen mit derjenigen in der vorigen Auflage des Buches überein. Auch in diesen Abschnitten wurde den Fortschritten der physikalischen Technik bis in die jüngste Zeit hinein in jeder Beziehung Rechnung getragen.

Alles in allem genommen, erweist sich das Fricksche Buch auch in seiner neuen Gestalt als ein zuverlässiger und wertvoller Ratgeber in allen Fragen des experimentellen Unterrichtes und wird ohne Zweifel wie bisher so auch in Zukunft in dieser Richtung Ersprießliches wirken. *Aks.*

***Hints** to Travellers, scientific and general, edited for the council of the Royal Geographical Society, by E. A. Reeves.* 9., durchges. u. verm. Aufl. In 2 Bdn. kl. 8° m. Abbildgn. u. Karten. London, Geographical Society 1906. Geb. 15 sh.

I. Vermessungen u. praktische Astronomie. X, 470 S. — II. Meteorologie, Photographie, Geologie, Naturgeschichte, Anthropologie, Industrie u. Handel, Archäologie, Medizin u. s. w. VII, 286 S.

Der achten, von John Coles bearbeiteten Auflage des viel benutzten Handbuchs, das „wissenschaftlichen und allgemeinen Reisenden" als Begleiter gedient hat und dienen soll, folgt hier die neunte, die von E. A. Reeves, dem Lehrer für Aufnahmen und Feldastro-

nomie bei der *Royal Geographical Society* in London, besorgt ist. Wir haben in Deutschland ein entsprechendes, nur viel ausführlicheres Werk in der „Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen“, von G. v. Neumayer herausgegeben, von der vor kurzem die 2. Auflage erschienen ist.

Von dem englischen Werk kommt für diese Zeitschrift eigentlich nur der I. Band in Betracht, denn aus dem II., in dessen Text oder Textrevision sich 16 englische Gelehrte geteilt haben, wären hier nur die meteorologischen und die photographischen Instrumente zu erwähnen. Bei den ersten wird als beste Form des Feuchtigkeitsmessers das Assmannsche Aspirationspsychrometer erklärt, während von Quecksilberbarometern das Fortinsche Gefäßbarometer und das Heberbarometer von Prof. Collie und Kapt. Deasy angeführt werden. Dem zuletzt genannten Barometer werden als Reiseinstrument besondere Vorteile beigelegt; es besteht aus zwei kurzen Glasröhren oben und unten, die durch einen Schlauch verbunden sind, die Nonien zur Ablesung oben und unten geben 0,002 Zoll (0,05 *mm*) und durch Schätzung soll man leicht 0,001 Zoll ($^1/_{40}$ *mm*) erhalten können.

Um so mehr ist auch für deutsche Leser der I. Band von Interesse, der ganz von Reeves bearbeitet ist; schon deshalb, weil er bequeme Vergleiche darüber gestattet, was man für englische Reisende und was man anderswo für notwendig oder zweckmäßig hält. Der Verf. sagt in der Einleitung, daß überall auf der Erdoberfläche die Tage der rohen Itinerarmessung vorüber seien und daß überall Messungen mit feinen Instrumenten an ihre Stelle treten müssen. Wer von der Reise nur eine Routenbussolen-Skizze des zurückgelegten Wegs mitbringe, werde bald finden, daß er der Geographie keinen großen Dienst erwiesen habe. Die Vermessungsvorarbeiten für Verkehrsanlagen, die Arbeiten bei Grenzfestlegungen der Kolonialgebiete u. s. f. haben fast überall das Netz der Festpunkte, auf die der Reisende seine Aufnahme stützen kann, außerordentlich verdichtet.

Für „astronomische“ Beobachtungen vergleicht der Verf. den Theodolit und den Sextanten und gibt dem ersten entschieden den Vorzug, falls er irgendwie mitgeführt werden kann; er macht dabei wieder auf den 4-zölligen, von Casella nach seinen Angaben gebauten und insbesondere mit seinem *„tangent-micrometer“* versehenen leichten Transit-Theodolit aufmerksam (vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 308. 1906*). So nimmt denn auch in seiner Liste der instrumentellen Ausstattung des Reisenden der Theodolit den ersten Platz ein, 6-, 5- oder 4-zöllig, Ablesung auf 10″, dann erst folgt der Sextant (6-zöllig) mit künstlichem Horizont (die Horizonte von Kapt. George und von Casella werden empfohlen). Zur Grundlinienmessung kann ein Invardraht-Apparat von A. Baugh, London, mitgeführt werden, doch genügen auch gewöhnliche 100 Fuß- (30,5 *m*-) Stahlbänder. Von Uhren werden feine Ankeruhren (Halbchronometer) empfohlen, Chronometer bei Landreisen ausgeschlossen. Es folgen leichte Meßtische, die Bridges-Leesche phototopographische Kamera, Hülfsapparate (Stäbe, Latten, Fernrohr), sodann ein *„Subtense-Instrument“*, wie es in der *Indian Survey* gebräuchlich ist und das für geographische Aufnahmen besser geeignet sei, als der gewöhnliche Tachymetertheodolit; mit dem Instrument, von Troughton & Simms hergestellt, wird durch ein Okularmikrometer der scheinbare Abstand zweier Scheibenmarken auf einer horizontal liegenden Latte gemessen. Von Quecksilberbarometern wird das von George und das von Collie und Deasy empfohlen. Von dem Watkin-Hicksschen Berganeroid wird angegeben, daß es von den Reisenden, die es benutzt haben, sehr verschieden beurteilt werde (vgl. auch *S. 66/67*). Von den gewöhnlichen Aneroiden wird besonders zu den kleineren Modellen geraten. Auf die Nebeninstrumente und Gerätschaften, die aufgezählt werden (Siedethermometer, Thermometer, Bussolen, Perambulator, Heliostat, Latten, Pedometer („stets geneigt, in Unordnung zu geraten“, weshalb mindestens drei von verschiedenen Personen zu tragen), Klinometer, meteorologische und erdmagnetische Instrumente, Zeichenapparate u. s. w.) ist hier nicht einzugehen. Für alle Instrumente wird der Preis und werden die wichtigsten Bezugsquellen (sämtlich in London) genannt, ferner werden die Kosten der Untersuchung nebst Aufstellung der Fehlertabellen im *National Physical Laboratory* in Richmond, Surrey angegeben.

Der Gebrauch der einzelnen Instrumente bei Vermessungsarbeiten und die Ausarbeitung dieser Messungen wird ziemlich eingehend besprochen; immerhin müssen z. B. die „astronomischen“ Beobachtungen auf einigen 60 S. kleinen Formats abgemacht werden, wobei übrigens anzuerkennen ist, daß hier überall Zahlenbeispiele beigegeben sind. Für die geographischen Längen werden direkte Uhrübertragung, telegraphische Zeitsignale, Okkultationen von Sternen (nebst Vorausberechnung) behandelt. Etwa $^2/_5$ dieses ersten Bandes nehmen die Zahlentabellen (mit 10 S. Erläuterungen) zur Erleichterung der Berechnung und Ausarbeitung der Messungen ein. *Hammer.*

Ch. M. van Deventer, Physikalische Chemie f. Anfänger. Mit einem Vorwort v. Prof. Dr. J. H. van 't Hoff. 3. Aufl., besorgt v. Prof. Dr. E. Cohen. 8°. XX, 161 S. m. Fig. u. 1 Tab. Amsterdam 1906. Leipzig, W. Engelmann. Geb. in Leinw. 4 M.

***Annuaire** pour l'an 1907, publié par le Bureau des Longitudes. Avec des notices scientifiques.* 12°. 682 u. 219 S. m. Fig. Paris 1907. 1,50 M.

A. Bouquet de la Grye, *Diamètre de Vénus. Note sur la 15. conférence de l'Association géodésique internationale.* — H. Deslandres, *Histoire des idées et des recherches sur le Soleil. etc.*

A. F. Holleman, Lehrbuch der Chemie. Deutsche Ausgabe. Lehrbuch d. organ. Chemie f. Studierende an Universitäten u. techn. Hochschulen. 5., verb. Aufl. gr. 8°. X, 494 S. m. Abbildgn. Leipzig, Veit & Co. 1907. Geb. in Leinw. 10 M.

L. Marc, Aufgaben aus der höheren Mathematik, technischen Mechanik u. darstellenden Geometrie, welche bei der Vorprüfung f. Bau-, Maschinen-, Elektro-, Kultur- u. Vermessungs-Ingenieure sowie Architekten an der k. technischen Hochschule zu München v. Jahre 1901 ab gestellt worden sind. Lex. 8°. 48 S. m. 19 Fig. München, A. Lachner 1907. 2 M.

L. Marc u. K. Koch, Lösungen zu den vorstehenden Aufgaben. Lex. 8°. VI, 110 S. m. Fig. u. 11 Taf. München, A. Lachner 1907. 6 M.

O. Lodge, *Electrons, or the Nature and Properties of negative Electricity.* 8°. 246 S. London 1907. Geb. in Leinw. 6,20 M.

L. Wève, *Cinématique des Mécanismes.* 8°. Mit 402 Fig. Paris 1907. Geb. in Leinw. 8,50 M.

P. J. Möbius, Ausgewählte Werke. VIII. Bd. Über die Anlage zur Mathematik. 2., verm. u. veränd. Aufl. gr. 8°. XVI, 264 S. m. Bildnis u. 59 Taf. Leipzig, J. A. Barth 1907. 4,50 M.; geb. in Halbfrz. 6 M.

Sammlung Göschen. kl. 8°. Leipzig, G. J. Göschen. Geb. in Leinw. je 0,80 M.

77. u. 78. G. Jäger, Theoretische Physik. 3., verb. Aufl. II. Licht u. Wärme. 153 S. m. 47 Fig. III. Elektrizität u. Magnetismus. 149 S. m. 33 Fig. 1907.

M. Cantor, Vorlesungen über Geschichte der Mathematik. 1. Bd. Von den ältesten Zeiten bis zum Jahre 1200 n. Chr. 3. Aufl. VI, 941 S. m. 114 Fig. im Text u. 1 lith. Taf. Lex. 8°. Leipzig, B. G. Teubner 1907. 24 M.; geb. in Halbfrz. 26 M.

E. Hammer, Lehr- u. Handbuch der ebenen u. sphärischen Trigonometrie. Zum Gebrauch beim Selbstunterricht und in Schulen, besonders als Vorbereitung auf Geodäsie und sphärische Astronomie. 3., erweit. Aufl. 8°. XVIII, 644 S. m. 1. Tab. Stuttgart, J. B. Metzler 1907. 10,60 M.

W. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. 3. Bd. Landes-Vermessung u. Grundaufgaben der Erdmessung. 5., erweit. Aufl. Bearb. v. weil. Prof. Dr. C. Reinhertz. Mit Vorwort v. Prof. Dr. E. Hammer. gr. 8°. VIII, 678 u. 72 S. m. Fig. Stuttgart, J. B. Metzler 1907. 15 M.

B. G. Teubners Sammlung v. Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften mit Einschluß ihrer Anwendungen. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

XX. Bd. 1. W. F. Osgood, Lehrbuch der Funktionentheorie. 1. Bd., 2. Hälfte. XII u. S. 307—642 m. Fig. 1907. 7,60 M. 1. Bd. vollständig 14,60 M.; geb. in Leinw. 15,60 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **S. Czapski**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVII. Jahrgang. **Juni 1907.** Sechstes Heft.

Zur Darstellung der Verzeichnungsfehler photographischer Objektive.

Von
Dr. **F. Staeble** in München.

Anschließend an die verdienstvolle Arbeit des Hrn. E. Wandersleb „Über die Verzeichnungsfehler photographischer Objektive“ (*diese Zeitschr.* **27.** *S. 33, 75. 1907*) will ich im Folgenden die von Hrn. Wandersleb gegebene Formel einer Transformation unterziehen, welche einesteils eine Vereinfachung der numerischen Rechnung gestattet, und anderenteils für die Änderung der Verzeichnung mit dem Maßstab und für den Fall ihrer Unabhängigkeit von demselben manche Schlüsse zuläßt.

Die von Hrn. Wandersleb *a. a. O. S. 76* angeführte Formel lautet

$$V = \frac{\dfrac{x_0' + \delta'}{x_0 + \delta} \cdot \dfrac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w}}{\dfrac{1}{N}} - 1, \qquad 1)$$

wobei die auftretenden Größen die *a. a. O. S. 34* festgelegte Bedeutung haben.

Da die Einstellebene und die Mattscheibenebene als kollinear konjugierte Ebenen zu betrachten sind, haben diese Ebenen von den zugehörigen Brennpunkten die Abstände $N \cdot f$ bezw. f/N; bezeichnet man ferner die Brennpunktsabstände der Pupillen mit $\mathfrak{X}$ und $\mathfrak{X}'$[1]), so wird

$$\left.\begin{aligned} x_0 &= \mathfrak{X} + N \cdot f \\ x_0' &= \mathfrak{X}' + \frac{f}{N} \end{aligned}\right\} \qquad 2)$$

und Gleichung 1) geht über in

$$V = \frac{N(\mathfrak{X}' + \delta') + f}{(\mathfrak{X} + \delta) + Nf} \cdot \frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w} - 1. \qquad 3)$$

Der Richtungssinn sämtlicher Strecken ist hierbei so bestimmt, daß jede Größe dann als positiv anzunehmen ist, wenn ihr absoluter Betrag additiv in die numerische Rechnung eingeht. Die Werte $\mathfrak{X}\,\mathfrak{X}'\,\delta\,\delta'$ haben mithin positives Vorzeichen, wenn in Fig. 1 des zitierten Aufsatzes die Achsenpunkte in der Anordnung $O\,P_0\,P$ und $P'\,P_0'\,O'$ aufeinander folgen[2]).

Der Zusammenhang zwischen V und N ergibt sich aus folgender Überlegung. Gleichung 3) läßt sich stets auf die Form

$$(V - \alpha)(N - \beta) = \gamma \qquad 4)$$

---

[1]) Der Verf. folgt hierbei den Bezeichnungen auf *S. 473* des von M. von Rohr herausgegebenen Werkes „Die Bilderzeugung in optischen Instrumenten“ (Berlin, J. Springer 1904), wählt jedoch aus rein praktischen Gründen das entgegengesetzte Vorzeichen.

[2]) In der Arbeit des Hrn. Wandersleb muß es *S. 34. Z. 18 v. o.* heißen $OP_0 = x_0$, $O'P_0' = x_0'$ statt $OP = x_0$, $O'P' = x_0'$.

bringen, wobei α, β, γ Funktionen der Neigung w sind. Für eine bestimmte Neigung kann somit die Abhängigkeit der Verzeichnung V vom Maßstab N durch eine gleichseitige Hyperbel graphisch dargestellt werden, deren Asymptoten parallel zu den Koordinatenachsen N und V liegen. Da negative N und unendlich große V naturgemäß ausgeschlossen bleiben, kann von dieser Hyperbel nur *ein* Ast in Betracht kommen, und auch von diesem nur ein Teil, sodaß man für $N = 0$ einen endlichen Wert von V erhält, der sich mit wachsendem N stets im selben Sinne ändert und sich für $N = \infty$ einem bestimmten Grenzwert asymptotisch nähert.

Für die von Hrn. Wandersleb eingeführte Darstellung der Verzeichnung ergeben sich somit nachstehende Folgerungen:

1) sind die Verzeichnungskurven für zwei verschiedene N, z. B. für $N = 1$ und $N = \infty$ bestimmt, so werden durch diese beiden Kurven die Verzeichnungskurven für alle zwischenliegenden N eingeschlossen;

2) sind die Verzeichnungskurven für drei verschiedene N gegeben, so sind dadurch die Verzeichnungskurven für alle übrigen N bestimmt; denn Gleichung 4) hängt nur von drei Größen (α, β, γ) ab;

3) durchsetzen sich für ein bestimmtes w zwei Verzeichnungskurven, so gehen auch alle anderen durch denselben Punkt, d. h. die Größe der Verzeichnung wird für diesen Winkel vom Maßstab unabhängig. Die gleichseitige Hyperbel ergibt nämlich nur dann für zwei verschiedene N denselben Wert von V, wenn sie in eine Gerade (Parallele zur N-Achse) degeneriert; dieser Fall tritt ein für $\gamma = 0$.

Die Koeffizienten α, β, γ lassen sich leicht bestimmen; es ergibt sich

$$\alpha = \frac{\mathfrak{X}' + \delta'}{f} \cdot \frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w} - 1 = \lim_{N = \infty} V = V_\infty$$

$$\beta = -\frac{\mathfrak{X} + \delta}{f}$$

$$\gamma = -\left[\frac{\mathfrak{X} + \delta}{f} \cdot \frac{\mathfrak{X}' + \delta'}{f} - 1\right] \cdot \frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w}.$$

Mithin läßt sich Gleichung 4) auch schreiben

$$(V - V_\infty)\left(N + \frac{\mathfrak{X} + \delta}{f}\right) = -\left[\frac{\mathfrak{X} + \delta}{f} \cdot \frac{\mathfrak{X}' + \delta'}{f} - 1\right] \frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w},$$

und man erhält für V

$$V = V_\infty - \frac{\left[\frac{\mathfrak{X} + \delta}{f} \cdot \frac{\mathfrak{X}' + \delta'}{f} - 1\right] \cdot \frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w}}{\frac{\mathfrak{X} + \delta}{f} + N}, \tag{5}$$

wobei

$$V_\infty = \frac{\mathfrak{X}' + \delta'}{f} \cdot \frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w} - 1.$$

Sollen die Verzeichnungskurven für eine größere Anzahl von N-Werten berechnet werden, dann ist Gleichung 5) mit Vorteil zu verwenden, weil bei ihr der variable Parameter N nur einmal, und zwar in einer für logarithmische Rechnung bequemen Weise auftritt.

Gleichung 5) gestattet außerdem eine rasche Übersicht, in welcher Weise sich die Verzeichnungskurven anordnen. Da $\frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w}$, ebenso N und $\frac{\mathfrak{X} + \delta}{f}$ als positiv anzunehmen sind, hängt das Vorzeichen des von V_∞ abzuziehenden Terms nur von dem Vorzeichen der eckigen Klammer ab. Gilt also in der Relation

$$(\mathfrak{X} + \delta) \cdot (\mathfrak{X}' + \delta') \gtreqless f^2 \tag{6}$$

für ein bestimmtes w das obere (untere) Zeichen, so ordnen sich für diesen Winkel die Verzeichnungskurven mit wachsendem N über (unter) einander an.

Am meisten interessiert der Fall

$$(\mathfrak{X} + \delta)(\mathfrak{X}' + \delta') = f^2. \qquad 7)$$

Diese Gleichung stellt die Bedingung dafür dar, daß die Verzeichnungskurven zusammenfallen, d. h. daß die Verzeichnung vom Maßstab unabhängig wird (vgl. oben Folgerung 3)). Ist also für *einen* Objektabstand die Verzeichnung behoben, so ist sie für *alle* Abstände korrigiert, wenn die Bedingung 7) erfüllt ist. Da nun die Verzeichnungsfreiheit für $N = \infty$ durch

$$\frac{\mathfrak{X}' + \delta'}{f} = \frac{1}{\dfrac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w}} \qquad 8)$$

ausgedrückt ist, wird die völlige Verzeichnungsfreiheit für alle Objektabstände (Maßstäbe) durch das gleichzeitige Bestehen der Gleichungen 7) und 8) gewährleistet.

Gleichung 7) ist natürlich erfüllt, wenn $\delta = \delta' = 0$ ist, die Pupillen also frei von Aberration sind (denn $\mathfrak{X}$ und $\mathfrak{X}'$ genügen stets der Bedingung $\mathfrak{X} \cdot \mathfrak{X}' = f^2$). Bei *symmetrischen* Objektiven ist dies die einzige Möglichkeit, Gleichung 7) zu erfüllen. Bei *unsymmetrischen* Systemen kann diese Gleichung jedoch sehr wohl auch ohne die Aberrationsfreiheit der Pupillen bestehen; hierzu ist notwendig, daß die Pupillen verschiedenen Charakter der Korrektion zeigen.

Das Kriterium 6) läßt sich, da $\mathfrak{X}$ und $\mathfrak{X}'$ stets als positiv, δ und δ' als kleine Größen vorausgesetzt werden können, unter Berücksichtigung der Gleichung $\mathfrak{X} \cdot \mathfrak{X}' = f^2$ auch in der Form

$$\frac{\delta}{\mathfrak{X}} + \frac{\delta'}{\mathfrak{X}'} \gtreqless 0 \qquad 6a)$$

schreiben; dabei behalten die Zeichen $\gtreqless$ ihre oben angegebene Bedeutung.

Da bei den *symmetrischen* Objektiven δ und δ' auch hinsichtlich des Vorzeichens gleich sind, so lassen sich vermöge dieses Kriteriums aus den von Hrn. Wandersleb auf Tafel I und II konstruierten Verzeichnungskurven solcher Objektive Schlüsse auf ihre Pupillenkorrektion ziehen. Es besteht z. B. bei Nr. 11 (Planar 1 : 4 von Rudolph) starke Unterkorrektion der Pupillen; denn die Kurven ordnen sich mit wachsendem N in größeren Abständen über einander an, also muß $\delta = \delta' > 0$ sein. Dies ist der weitaus häufigere Fall. Überkorrektion der Pupillen ($\delta = \delta' < 0$) zeigen von sämtlichen dargestellten symmetrischen Objektiven nur Nr. 45 (Landschaftsaplanat von A. Steinheil), das Busch-Pantoskop (Nr. 48) und Nr. 50 (Weitwinkelaplanat von A. Steinheil). Auch der sphärisch korrigierte Blendenort ist mit einzelnen Typen vertreten: so ist bei den Nr. 35, 39 und 41 sphärische Korrektion für ungefähr 20°, 29° bezw. 21° herbeigeführt; diesen letzteren Objektiven ist sämtlich die Eigenschaft gemeinsam, daß Zonen der Pupillen im Sinne der Überkorrektion bestehen. Bei *unsymmetrischen* Objektiven können natürlich ohne spezielle Voraussetzungen derartige Schlüsse nicht gezogen werden.

Eine gewisse Kontrolle für die Lage der Verzeichnungskurven ergibt sich aus folgender Überlegung.

Es seien die Verzeichnungen für die Maßstäbe N^I, N^{II}, N^{III} mit V^I, V^{II}, V^{III} bezeichnet; dann erhält man aus Gleichung 3) nach einfachen Operationen

$$\frac{V^I - V^{II}}{V^{II} - V^{III}} = \frac{N^I - N^{II}}{N^{II} - N^{III}} \cdot \frac{\dfrac{\mathfrak{X} + \delta}{f} + N^{III}}{\dfrac{\mathfrak{X} + \delta}{f} + N^I},$$

mithin einen Ausdruck, welcher vom Tangentenverhältnis (und von der Aberration der Austrittspupille) unabhängig ist.

Bei den meisten photographischen Objektiven liegen die Pupillen nahe den Hauptpunkten; in diesem Fall kann

$$\frac{\mathfrak{X} + \delta}{f} \text{ appr.} = 1$$

gesetzt werden, und man erhält

$$\frac{V^I - V^{II}}{V^{II} - V^{III}} \text{ appr.} = \frac{N^I - N^{II}}{N^{II} - N^{III}} \cdot \frac{1 + N^{III}}{1 + N^I}. \qquad 9)$$

Sucht man dasjenige N, für welches die Kurve im allgemeinen in der Mitte zwischen den Kurven für $N = \infty$ und $N = 1$ liegt, so erhält man, da sich für $N^I = \infty$ der Zähler des ersten Bruches gegen den Nenner des zweiten hebt,

$$\frac{V^I - V^{II}}{V^{II} - V^{III}} \text{ appr.} = \frac{1 + N^{III}}{N^{II} - N^{III}} = \frac{1+1}{N^{II} - 1};$$

der Quotient wird 1, wenn $N^{II} = 3$ angenommen wird.

In ähnlicher Weise ergibt sich, daß der Abstand zwischen den Kurven $N = \infty$ und $N = 3$ durch $N = 7$, zwischen den Kurven $N = 3$ und $N = 1$ durch $N = 1{,}5$ (genauer $N = {}^5/_3$) annähernd halbiert wird. Hieraus folgt unmittelbar, für welche Maßstäbe zweckmäßig die Verzeichnung zu bestimmen ist, falls man sich nicht auf die Darstellung von einer oder zwei Kurven beschränkt.

Eine weitere Kontrolle mag die Kurve für $N = 0$ liefern; da nämlich

$$\text{für } N = \infty \qquad V_\infty = \frac{\mathfrak{X}' + \delta'}{f} \cdot \frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w} - 1 \qquad 10)$$

$$\text{„} \quad N = 1 \qquad V_1 = \frac{(\mathfrak{X}' + \delta') + f}{(\mathfrak{X} + \delta) + f} \cdot \frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w} - 1 \qquad 11)$$

$$\text{„} \quad N = 0 \qquad V_0 = \frac{f}{\mathfrak{X} + \delta} \cdot \frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w} - 1 \qquad 12)$$

ist, sind die Kurven für diese drei N-Werte am raschesten bestimmbar; durch Anwendung der Beziehung 9) ergibt sich, wenn $N^I = \infty$, $N^{II} = 1$, $N^{III} = 0$ gesetzt wird,

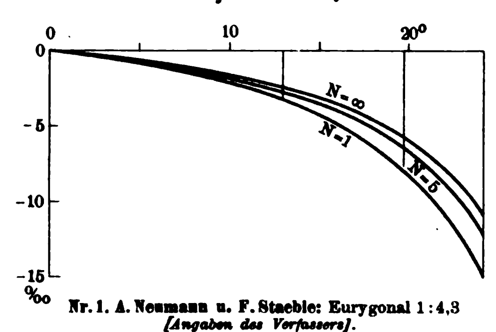
$$\frac{V^I - V^{II}}{V^{II} - V^{III}} \text{ appr.} = \frac{1+0}{1-0} = 1,$$

d. h. die Kurven für $N = \infty$ und $N = 0$ liegen stets zu verschiedenen Seiten der Kurve für $N = 1$ und zwar in nahezu gleichem Abstand von dieser.

Will man sich also bei der Errechnung eines Systems über die Art und Größe der Verzeichnung jeweils einen raschen Überblick verschaffen, wird man am bequemsten von Formel 10) ausgehend die Verzeichnung für $N = \infty$ bestimmen. Da die Pupillenaberrationen δ und δ' wohl meistens gleiches Vorzeichen besitzen, so läßt sich vermöge des Kriteriums 6) oder 6a) sofort angeben, ob die Kurven für näher gelegene Objekte günstiger oder weniger günstig verlaufen. Ist nämlich $\delta > 0$ und $\delta' > 0$ (*Unter*-Korrektion der Pupillen), so liegen diese Kurven *unter* der Kurve $N = \infty$, während sie für $\delta < 0$ und $\delta' < 0$ (*Über*-Korrektion der Pupillen) sich *über* derselben anordnen. Von der Größe der Variation der Kurven erhält man durch die einfache Bestimmung von V_0 aus Formel 12) eine hinreichend genaue Vorstellung, da die Kurve für $N = 1$ in der Mitte zwischen den Kurven $N = 0$ und $N = \infty$ und die Kurve für $N = 3$ in der Mitte zwischen den Kurven $N = 1$ und $N = \infty$ verläuft.

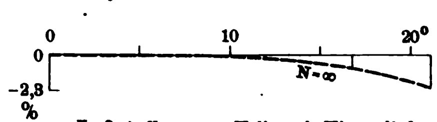
Verzeichnungsfehler photographischer Objektive.

Porträt-Objektiv. Unsymmetrisch.



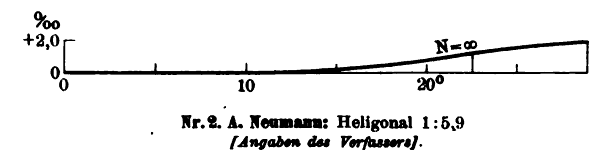
Nr. 1. A. Neumann u. F. Staeble: Eurygonal 1:4,3
[Angaben des Verfassers].

Objektiv mit Vorderblende.

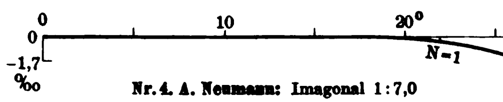


Nr. 8. A. Neumann: Heligonal-Hinterglied
[Angaben des Verfassers].

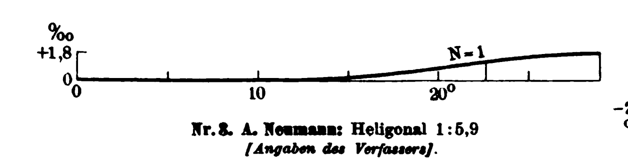
Universal-Objektive. Unsymmetrisch.



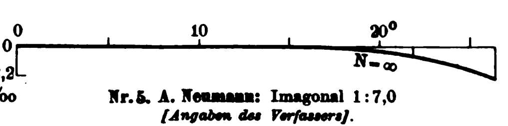
Nr. 2. A. Neumann: Heligonal 1:5,9
[Angaben des Verfassers].



Nr. 4. A. Neumann: Imagonal 1:7,0
[Angaben des Verfassers].

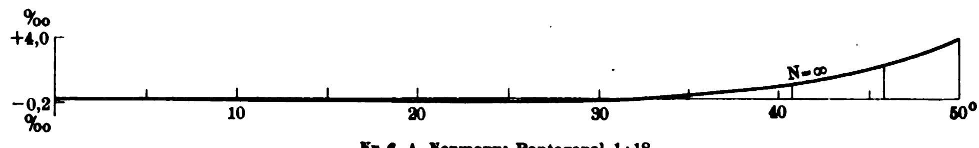


Nr. 3. A. Neumann: Heligonal 1:5,9
[Angaben des Verfassers].



Nr. 5. A. Neumann: Imagonal 1:7,0
[Angaben des Verfassers].

Weitwinkel-Objektiv. Unsymmetrisch.



Nr. 6. A. Neumann: Pantogonal 1:18
[Angaben des Verfassers].



Nr. 7. A. Neumann: Pantogonal 1:18
[Angaben des Verfassers].

Die Abszissen der Kurven geben die halben Gesichtsfeldwinkel in Grad an (2,4 mm bedeuten 1°).
Die Ordinaten geben die relative Abweichung V der wirklichen Bildgröße von der bei verzeichnungsfreier Abbildung vorhandenen Bildgröße an (2 mm bedeuten 1‰ für Nr. 1-7, 2 mm bedeuten 1% für Nr. 8).
Der Wert N gibt den Abbildungsmaßstab an, für den die betreffende Verzeichnungskurve gilt.

Verlag von Julius Springer in Berlin. Techn.-art. Anstalt von Alfred Müller in Leipzig.

Als Kontrollformel für die Progression der Tangentenverhältnisse mit wachsendem w wird der Grenzwert des Tangentenverhältnisses für $w = 0$ in der bekannten Form

$$\left(\frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w}\right)_{w=0} = \frac{f}{\mathfrak{X}'}$$

mit Vorteil zu verwenden sein.

Hr. Wandersleb regt auf *S. 77* seines Aufsatzes die Mitteilung der Verzeichnungsfehler von Objektiven anderer Fabrikationsstätten an; dementsprechend bringe ich nachstehend die Verzeichnungsfehler der Anastigmate der Firma G. Rodenstock in München. Ich füge die zum Teil erstmalig veröffentlichten Konstruktionsdaten dieser Objektive, welche sämtlich von dem technischen Leiter der Anstalt, Hrn. A. Neumann, berechnet wurden, bei, und schließe mich hinsichtlich der Angabe der Konstanten und der Darstellung der Kurven (vgl. die Tafel) genau dem zitierten Aufsatz an.

Die in Nr. 1 gezeichneten Kurven gehören zu dem Porträt-Anastigmaten *Eurygonal* und entsprechen dem Ausführungsbeispiel der Patentanmeldung der Firma Rodenstock.

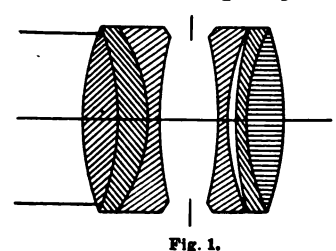


Fig. 1.
A. Neumann und F. Staeble: Eurygonal 1:4,8.
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reduziert auf $f_D = 100$ *mm*.

Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

		Glasarten n_D
$r_1 = 33{,}75$	$d_1 = 4{,}68$	$L_1 = 1{,}61520$
$r_2 = 33{,}75$	$d_2 = 3{,}80$	$L_2 = 1{,}50230$
$r_3 = 21{,}42$	$d_3 = 1{,}37$	$L_3 = 1{,}60260$
$r_4 = 46{,}01$	$b_1 = b_2 = 3{,}85$	
$r_5 = 48{,}77$	$d_4 = 0{,}99$	$L_4 = 1{,}60340$
$r_6 = 32{,}97$	$d_5 = 1{,}32$	
$r_7 = 48{,}77$	$d_6 = 1{,}10$	$L_5 = 1{,}50230$
$r_8 = 26{,}37$	$d_7 = 5{,}22$	$L_6 = 1{,}61420$
$r_9 = 31{,}71$		

Hierzu Kurve Nr. 1.

Kurve Nr. 2 und 3 gelten für eine ausgeführte Form des Rodenstock-Anastigmaten *Heligonal*. Kurve Nr. 8 gibt die Verzeichnung des Hinterglieds. Die Daten sind folgende:

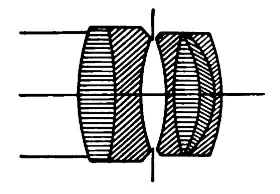


Fig. 2.
A. Neumann: Heligonal 1:5,9.
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reduziert auf $f_D = 100$ *mm*.

Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

		Glasarten n_D
$r_1 = 26{,}81$	$d_1 = 5{,}07$	$L_1 = 1{,}60960$
$r_2 = 45{,}92$	$d_2 = 3{,}48$	$L_2 = 1{,}51540$
$r_3 = 22{,}61$	$b_1 = b_2 = 1{,}66$	
$r_4 = 21{,}41$	$d_3 = 0{,}97$	$L_3 = 1{,}51530$
$r_5 = 29{,}91$	$d_4 = 3{,}59$	$L_4 = 1{,}60960$
$r_6 = 15{,}92$	$d_5 = 2{,}00$	$L_5 = 1{,}51540$
$r_7 = 10{,}50$	$d_6 = 0{,}92$	$L_6 = 1{,}60490$
$r_8 = 21{,}68$		

Hierzu Kurve Nr. 2, 3 und 8.

Die Verzeichnung des vierlinsigen verkitteten Anastigmaten *Imagonal*, welcher der Firma Rodenstock durch D.R.P. Nr. 177266 geschützt ist, ist in Kurve Nr. 4 und 5 dargestellt. Dieser Typus entspricht der neueren Ausführungsform, welcher von dem in der Patentschrift gegebenen Beispiel erheblich abweicht.

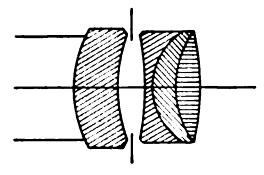


Fig. 3.
A. Neumann: Imagonal 1:7,0.
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reduziert auf $f_D = 100$ *mm*.

Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

		Glasarten n_D
$r_1 = 18{,}24$	$d_1 = 6{,}89$	$L_1 = 1{,}60580$
$r_2 = 18{,}73$	$b_1 = b_2 = 1{,}67$	
$r_3 = 37{,}60$	$d_2 = 0{,}90$	$L_2 = 1{,}56730$
$r_4 = 8{,}84$	$d_3 = 3{,}22$	$L_3 = 1{,}51120$
$r_5 = 12{,}91$	$d_4 = 3{,}22$	$L_4 = 1{,}60540$
$r_6 = 33{,}00$		

Hierzu Kurve Nr. 4 und 5.

Die Kurven 6 und 7 gelten für eine Ausführungsform des Weitwinkelanastigmaten *Pantogonal* der Firma Rodenstock (D.R.P.Nr. 167224).

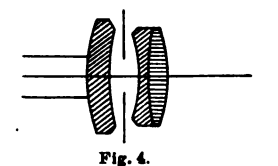


Fig. 4.
A. Neumann: Pantogonal 1:18.
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reduziert auf f_D = 100 mm.

Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimeter auf der Achse gemessen.

Radien	Dicken und Entfernungen	Glasarten n_D
$r_1 = 23{,}15$		
$r_2 = 28{,}63$	$d_1 = 3{,}71$	$L_1 = 1{,}61420$
$r_3 = 18{,}59$	$b_1 = b_2 = 1{,}85$	
$r_4 = 51{,}60$	$d_2 = 1{,}00$	$L_2 = 1{,}54930$
$r_5 = 19{,}97$	$d_3 = 2{,}47$	$L_3 = 1{,}61420$

Hierzu Kurve Nr. 6 und 7.

München, im April 1907.

Photometer mit proportionaler Teilung und dezimal erweitertem Meßbereich.

Von
Walter Bechstein in Berlin.
(Mitteilung aus den optisch-mechanischen Werkstätten von Franz Schmidt & Haensch, Berlin.)

Für die Konstruktion des neu durchgearbeiteten Photometers[1]) diente als Grundlage das von Hrn. Prof. E. Brodhun angegebene, unter dem Namen „Straßenphotometer" bekannt gewordene Instrument (*diese Zeitschr. 27. S. 8. 1907*; vgl. auch L. Bloch, *Elektrotechn. Zeitschr. 26. S. 1051. 1905*), das in den Werkstätten der Firma Schmidt & Haensch zu wiederholter Ausführung gelangte.

Der in dem Brodhunschen Instrument als Meß- und Schwächungsvorrichtung dienende Doppelsektor mit rotierendem Lichtbüschel kann auch allein oder in Verbindung mit anderen Instrumenten für *genaueste* Messungen zur Verwendung gelangen. In dem hier zu beschreibenden Photometer, welches für die Zwecke des ausübenden *Beleuchtungstechnikers* bestimmt ist, sind dessen Wünsche und Anforderungen bei der Konstruktion besonders berücksichtigt worden, nämlich:

1. leichte Transportfähigkeit bei geringem Gewicht; 2. Vermeidung von Einzelteilen; 3. bequeme Ablesung an den notwendigen Teilungen und Markierungen; 4. einfache Rechnung bei ausreichender Genauigkeit der Messung; 5. weitreichender Meßbereich nach *unten* und *oben*; 6. geschützte Anordnung der für die Konstanz der Angaben wichtigen Teile; 7. universelle Anwendung; 8. angemessener Preis.

Das Instrument besteht, wie aus den Fig. 1 u. 2 hervorgeht, im wesentlichen aus einer in seiner Intensität mittels Doppelsektors S zu schwächenden Vergleichslichtquelle O, einem Lummer-Brodhunschen Vergleichswürfel P, eingerichtet zur Einstellung auf Gleichheit sowie auf Gleichheit *und* Kontrast, einem Tubus h_1 (Fig. 2) zur Aufnahme des zu messenden Lichtes und der nötigen Vorrichtung G bezw. G' (Fig. 3 u. Fig. 1 unten) für die dezimale Erweiterung des Meßbereiches, endlich aus einer Visiereinrichtung V zum Zweck der richtigen Einstellung auf die zu messende Lichtquelle.

Die Sektoren-Meßvorrichtung. Die Schwächung des von der elektrischen Vergleichslichtquelle O ausgehenden Lichtes, das durch eine der im Revolver D licht- und staubsicher untergebrachten drei Platten ν_1, ν_2, ν_3 diffus zerstreut wird, erfolgt mittels feststehenden Sektors und rotierenden Lichtbüschels.

---

[1]) D.R.G.M. Nr. 294838 und 294839.

Die Sektoren-Meßvorrichtung des neuen Photometers besteht, wie die als Vorbild benutzte Brodhunsche, ebenfalls aus zwei diametral gegenüber angeordneten, meßbar variablen, gleich großen Einzelsektoren, gebildet durch die mit Schneiden versehenen Backen C_1, C_2, C_3, C_4 (Fig. 4), über welche hinweg das zu schwächende Licht geführt wird; sie unterscheidet sich von ihrem Vorbild nur durch die Einfachheit der zur Erzeugung des rotierenden Lichtbüschels dienenden Teile, unbeschadet der richtigen Wirkungsweise der ganzen Vorrichtung. Der von Hrn. Prof. Brodhun (*a. a. O.*) für die Anwendbarkeit jener Sektorenvorrichtung erbrachte ausführliche Beweis läßt sich in analoger Weise auf die an dem neuen Instrument angewandte Vorrichtung übertragen.

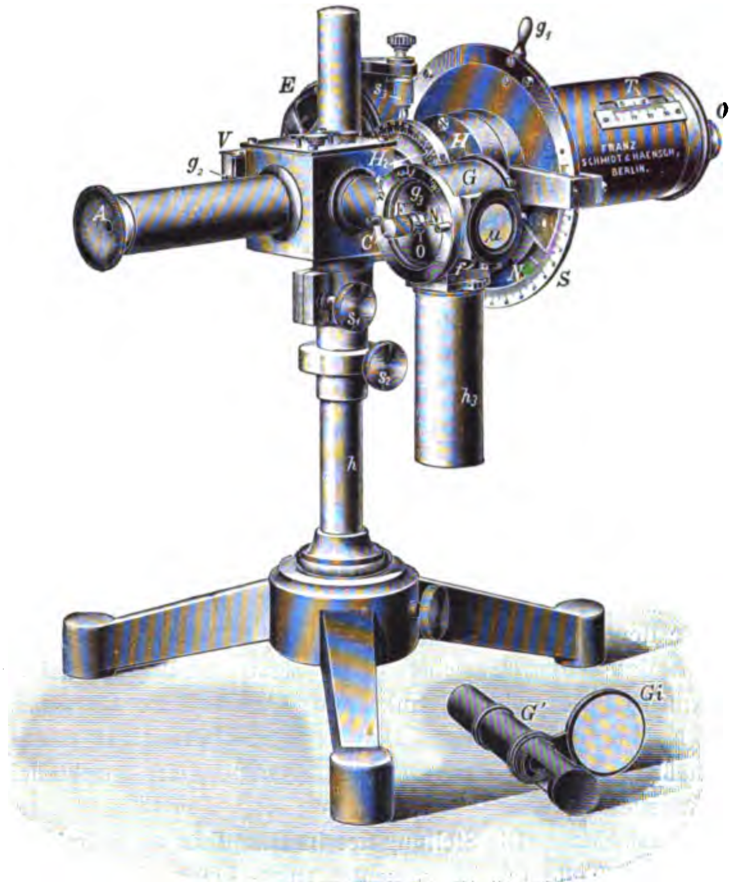


Fig. 1.

Die so vereinfachte Anordnung setzt aber ein Zusammenwirken mit noch anderen optischen Teilen des Instrumentes voraus und kann demnach nur in ganz speziellen Fällen zur Anwendung gelangen.

Die als selbstleuchtend anzusehende Milchglasplatte ν_1 (Fig. 2) wird von einer dicht am Sektor liegenden Linsenkombination L_1 L_2 durch die Sektoren hindurch scharf auf einer keilförmigen Linse K abgebildet. Die von den Sektoren gebildete Ebene fällt mit der Brennebene von Linse K zusammen; der Augendeckel mit der Öffnung A steht in der Brennebene der im Rohr h_2 verschiebbaren Linse L_3.

Hieraus folgt, daß die Sektorschneiden in der Öffnung A des Augendeckels durch den Lummer-Brodhunschen Vergleichswürfel hindurch scharf abgebildet

werden, wobei es gleichgültig ist, in welcher Entfernung von Linse K die gleichzeitig als Lupe zur Beobachtung des Gesichtsfeldes dienende Linse L_3 steht.

Für die weiteren Betrachtungen ist es zweckmäßig, den Gang der im Instrument zur Benutzung gelangenden Lichtstrahlen im umgekehrten Sinne zu verfolgen. Beleuchtet man das Photometer von rückwärts, also von A aus, so entsteht ein scharfes Bild der Öffnung A des Augendeckels bei a (Fig. 2 u. 4), welches wegen der ablenkenden Wirkung der keilförmigen Linse K seitlich der Hauptachse des Instrumentes liegt. Rotieren die im Rotationskörper R befestigten Linsen K, L_2 und L_1 um die Achse des Instrumentes, so beschreibt das von der Öffnung A bei a entworfene Bild die in Fig. 4 angedeutete Bahn; es rotiert über die Backen $C_1 C_2$ und $C_3 C_4$ der Sektoren hinweg.

Das Licht fällt in seinem weiteren Verlauf, wie Fig. 2 zeigt, auf die Platte ν_1. Die Beleuchtung der letzteren erfolgt dann intermittierend; bei genügender Tourenzahl erscheint sie dem Auge als kontinuierlich, und ihre Intensität ist proportional dem Öffnungswinkel der Sektoren. Die Linsen L_1, L_2, welche an der Rotation teilnehmen, werden dauernd an derselben Stelle von den Strahlen durchsetzt und können demnach an der Proportionalität nichts ändern. Die Einstellung des Sektors erfolgt durch Drehen am Griff g_1 und kann am Kreis S mittels des Index N abgelesen werden. Die Teilung ist prozentisch und hat eine noch zur Messung brauchbare Überteilung von 10 Intervallen. Die Rotation von R besorgt ein kleiner elektrischer Motor E mittels Riemen.

Die Vergleichslampe. Die mit kräftigen Anschlußklemmen versehene, in dem Gehäuse H_1 untergebrachte elektrische Glühlampe O ist in der Richtung der Achse des Instrumentes an T meßbar zu verschieben und kann in ihrer Färbung durch entsprechende Regulierung der Stromstärke innerhalb der zulässigen Grenzen geändert werden. Die gleichzeitig dadurch bedingte Veränderung der Helligkeit wird ausgeglichen durch eine an T abzulesende Verschiebung der Lampe oder durch Vorschlagen einer anderen Platte des Revolvers, z. B. ν_2; eine dritte Platte ν_3 ruft eine etwa gewünschte deutlich bläuliche Färbung hervor. Um zu erreichen, daß die im Revolver D befestigten Platten sicher diffus zerstreuend wirken, ist es unter Umständen zweckmäßig, die nahezu punktförmige elektrische Lampe in eine kleine Ulbrichtsche Kugel zu montieren. Der Milchglasplatte steht dann ein an allen Stellen gleichmäßig beleuchteter Gipsschirm gegenüber; ein Durchscheinen des Glühfadens ist also ausgeschlossen.

Die Vergleichseinrichtung. Die Stellung des im Hauptkörper H drehbaren Körpers H_2, welcher alle übrigen Teile des Instrumentes trägt, kann mit der Schraube s_3 fixiert und am Höhenkreis W abgelesen werden, was für die Messung von Lichtquellen unter verschiedenen Winkeln nötig ist. Die für den Lummer-Brodhunschen Würfel P zur Erzeugung des Kontrastes dienenden Glasstreifen k_1 und k_2 lassen sich von außen mittels kleiner Hebel vor- bezw. zurückschlagen. Das zur Messung gelangende Licht erhält der Würfel P von den Platten μ oder M aus dem Tubus h_1, und zwar ist μ für Messung von Beleuchtungsstärken, M zur Messung von Intensitäten bestimmt.

Linse L_4 dient einmal zur Abbildung von μ oder M in der Öffnung A des Augendeckels unter gleichzeitiger Benutzung von Würfel P und Linse L_3, ferner auch um den Tubus h_1 auf die zu messende Lichtquelle zu richten. Werden alle im Gehäuse G zur Erweiterung des Meßbereiches dienenden Platten und Blenden ausgeschaltet, so erzeugt die Linse L_4 durch den Würfel P hindurch bei fortgeschlagenem

Schirm c auf einer mit Marke versehenen Mattscheibe n in der Visiereinrichtung V ein annähernd scharfes Bild der zu messenden Lichtquelle. Vom Ort des Beobachters aus kann in jeder Stellung des Tubus h_1 die Lage des Bildes auf n mittels Spiegels v zum Zweck der richtigen Orientierung des Instrumentes gesehen werden.

Schirm c, um d drehbar und von außen mittels g_2 wegzuschlagen, geht selbsttätig wieder in die ursprüngliche Lage zurück und verhindert eine Beleuchtung der im Gehäuse G untergebrachten, diffus wirkenden Platten vom Ort des Beobachters aus.

Die Erweiterung des Meſsbereiches. Am allseitig geschlossenen Gehäuse G sind wechselweise vorzuschlagen die Platten μ oder M sowie eine für die Benutzung der Visiereinrichtung V nötige Öffnung f. Im Innern kann eine Platte, deren Fassung um C drehbar ist, in die drei Stellungen m_1, m_2, m_3 gebracht werden. Ferner gestattet ein mit Öffnungen verschiedener Größe versehenes, um C drehbares Rohr r die Platten μ bezw. M diesen Öffnungen entsprechend abzublenden. Alle Bewegungen sind von außen zu betätigen und durch Federn oder Anschläge gekennzeichnet. Entsprechende Marken und Zeichen machen die jeweils vorhandenen Stellungen von außen ersichtlich.

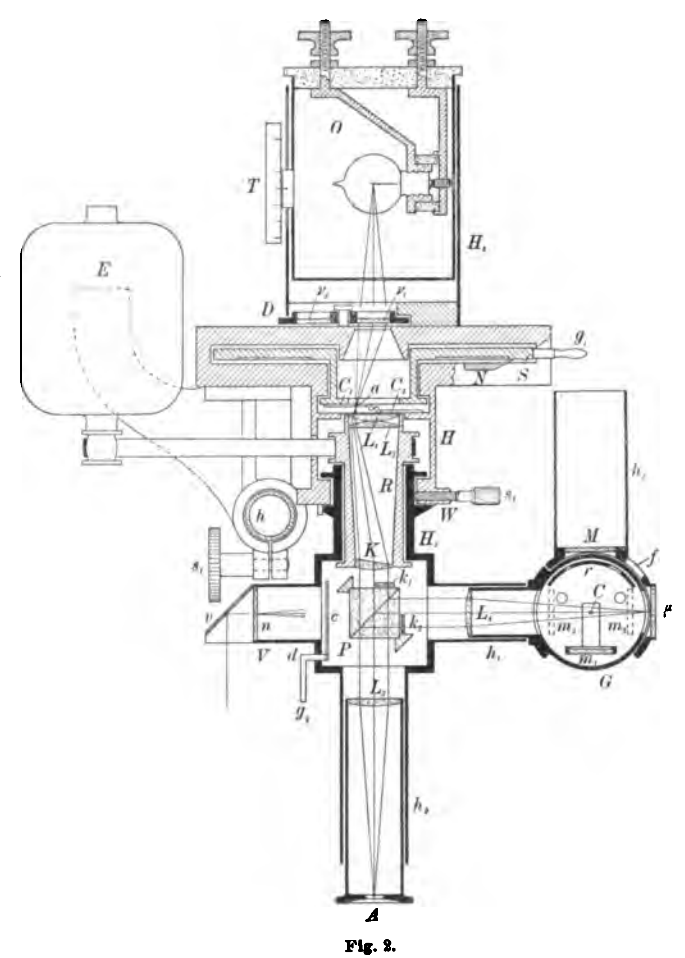


Fig. 2.

Ist am Gehäuse G nur die *à jour* gefaßte und mattierte Milchglasplatte μ vorgeschlagen, so wird im Lummer-Brodhunschen Würfel bei richtiger Regulierung der Lampe O Gleichheit oder gleicher Kontrast erhalten, wenn die Beleuchtungsstärke $B = 1$ Meter-Kerze auf μ und die Öffnung des Sektors $S = 10$ beträgt.

Für das Instrument ist allgemein

$$B = \frac{J}{R^2} = c\,S;$$

ist in dem betrachteten Fall $c = c_2$, so wird, da für $S = 10$ $B = 1$ ist, $c_2 = 0{,}1$.

Bei einer Beleuchtungsstärke $B = 10$ M.-K. wird $S = 100$. Das Meßbereich muß dann erweitert werden. Wird die hierzu bestimmte Milchglasplatte aus der punktiert gezeichneten Stellung m_1 in die Stellung m_2 gebracht, so erfolgt eine Schwächung des von der Platte μ ausgehenden Lichtes auf 0,1 seiner Intensität ($c_3 = 1$). Steht die Platte in Stellung m_3, so ergibt sich $c_4 = 10$. Weitere Schwächung wird erhalten

durch Verkleinern der auf m_3 wie eine Lichtquelle wirkenden Platte μ. Diese Verkleinerung geschieht durch Vorschlagen des mit entsprechend großen Öffnungen versehenen Rohres r derart, daß jedes folgende c um das Zehnfache vergrößert wird, also $c_5 = 100$ und $c_6 = 1000$.

Für Intensitätsmessungen wird Platte μ mit der durch Tubus h_3 geschützten, in bezug auf Schwächung nahezu gleichwertigen Milchglasplatte M vertauscht.

Zur Messung geringerer Beleuchtungsstärken als $B = 1$ M.-K. wird zweckmäßig das Gehäuse G durch den mit einer Gipsplatte Gi versehenen Körper G' vertauscht. Das diffuse Reflexionsvermögen des Gipses ist größer als die Durchlässigkeit des für die Platten zur Verwendung kommenden Milchglases, weshalb bei gleichbleibender Beleuchtungsstärke das Gesichtsfeld heller erscheint. Um für die Anwendung des Gipses $c_1 = 0{,}01$ zu erhalten, muß die Intensität des Vergleichslichtes geschwächt werden, was durch Verminderung der Stromstärke, Vorschlagen einer anderen Platte des Revolvers D oder Verschieben der Lampe geschehen kann.

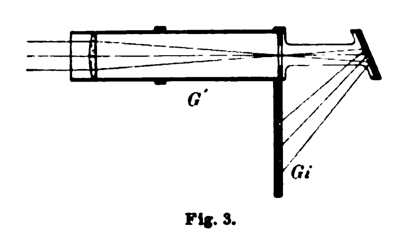
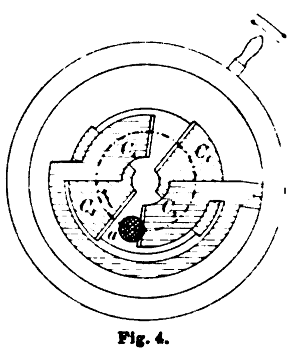


Fig. 3.


Fig. 4.

Die Montierung des Instrumentes. Das Photometer wird von einer auf einem Dreifuß oder photographischem Stativ (für Kameras 13 × 18 *cm*) leicht lösbar befestigten Säule h mit einem durch die Schraube s_2 festklemmbaren Stellring getragen und ist um h leicht zu drehen. Die Schraube s_1 dient zum Fixieren der gewünschten Stellung.

Für Messungen auf Straßen ist es zweckmäßig, das Instrument nebst den nötigen elektrischen Einrichtungen auf bezw. in dem Kasten eines kleinen Transportdreirades zu montieren. Eine derartige Anordnung ist bereits zur Ausführung gelangt.

Anwendung des Tubus eines Weberschen Photometers an Stelle der Sektoren-Meßvorrichtung.

Statt der in dem eben beschriebenen Instrument zur Schwächung des Vergleichslichtes benutzten Sektorenmeßvorrichtung kann ein „Weberscher" Tubus, wie er am bekannten Photometer nach Hrn. Prof. L. Weber sich befindet, benutzt werden. Dieser Tubus hat indes eine wichtige Umgestaltung[1]) erfahren. Er soll in dieser Neukonstruktion in Zukunft bei allen Weberschen Photometern in Anwendung kommen.

Der Hauptkörper H_2 mit allen an demselben montierten Teilen (Fig. 1 u. 2) wird unverändert, ebenfalls drehbar, eventuell unter Zwischenschaltung eines Reflexionsprismas p (Fig. 5) an dem mit Höhenkreis W und Klemmschraube s_3 versehenen Weberschen Tubus T_1 befestigt. Eine Linse L_5 bildet die im Tubus verschiebbare, in der gezeichneten Stellung befindliche Milchglasplatte M_1 unter Benutzung des Reflexionsprismas p und der Linse L_3 im Augendeckel ab. Hierdurch wird eine bedeutende Einengung des zur Verwendung gelangenden Lichtbündels erreicht. *Es kann daher bei gleichbleibendem Durchmesser des Weberschen Tubus die Milchglasplatte M_1 bedeutend verkleinert und der Tubus mit einer Anzahl Blenden versehen werden.*

---

[1]) Unter D.R.G.M. Nr. 303622 gesetzlich geschützt.

Bei ungeblendetem Tubus ergaben sich trotz sorgfältigster innerer Schwärzung und unter Anwendung besten Milchglases für die Platte M_1 beim Bestimmen der Konstanten am Anfang E und Ende e des Tubus Differenzen von mehreren Prozent, welche bisher bei genauen Messungen durch Korrektionen eliminiert werden mußten.

Der Abstand der Platte M_1 von der Vergleichslichtquelle o wurde stets am Ende e zu groß erhalten, was daher rührte, daß M_1 falsches Licht durch Reflexion

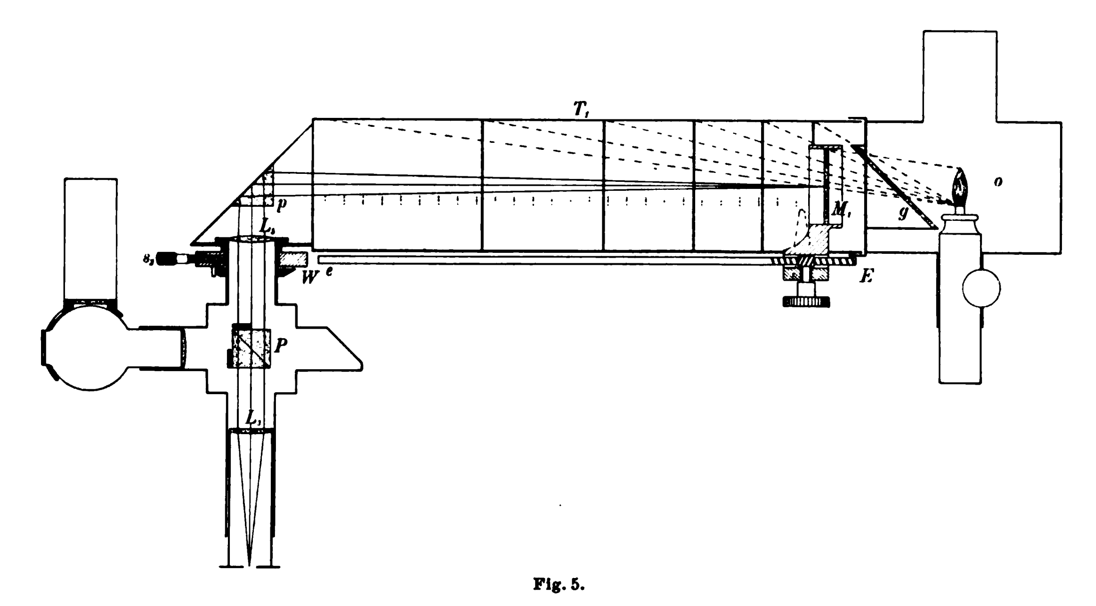


Fig. 5.

im Innern des Tubus erhielt. Durch die Blenden, deren Konstruktion ohne weiteres aus Fig. 5 ersichtlich ist, wurde dieser Fehler beseitigt.

Ein geringerer Fehler entgegengesetzter Richtung wurde hervorgerufen durch die an der Benzinlampe angebrachte Schutzglasscheibe g. Wie aus Fig. 6 ersichtlich ist, erhält die Platte M_1 nach der alten Anordnung eine bei kleinem Abstand von o nicht zu vernachlässigende Überbeleuchtung durch Licht, welches zwischen den Platten M_1 und g hin- und herreflektiert wird und sowohl von der Lichtquelle o selbst, als auch von der als selbstleuchtend anzusehenden Platte M_1 ausgeht. Durch Schrägstellen der Schutzglasscheibe g (vgl. Fig. 5) wurden nahezu alle Reflexe beseitigt. Kommt eine elektrische Vergleichslampe zur Verwendung, so ist die Scheibe g überflüssig.

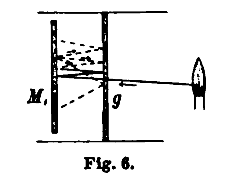


Fig. 6.

Die dezimal erweiterten Konstanten kommen auch dem Instrument in dieser Anordnung zugute und sind dann von besonderem Vorteil, wenn außer der am Tubus vorgesehenen Millimeterteilung noch eine aus dem quadratischen Gesetz zu berechnende Teilung für direkte Ablesung angebracht wird. Unter Benutzung einer entsprechend regulierten elektrischen Glühlampe ist es dann wie bei dem zuerst beschriebenen Instrument möglich, Beleuchtungsstärken ohne Rechnung an der Teilung abzulesen.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1906.

(Schluß von S. 160.)

III. Arbeiten, betreffend Wärme und Druck.

Die Arbeiten des Laboratoriums für Wärme und Druck haben auf mehreren Gebieten wieder eine Steigerung aufzuweisen; nur die Anzahl der geprüften Quecksilberthermometer und Thermoelemente hat einen kleinen Rückgang erfahren.

1. Übersicht über die laufenden Arbeiten[1].

Im ganzen sind folgende Instrumente und Apparate geprüft worden:

I. Thermometer.

	17 612	ärztliche Thermometer, darunter 30 Immischsche Zeigerthermometer,
	634	feinere Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,01°, geprüft in Temperaturen bis 100°,
	908	Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,1°, geprüft wie die vorigen,
	19	Insolationsthermometer,
	105	Siedethermometer für Höhenbestimmungen,
	42	Beckmannsche Thermometer,
	34	Tiefseethermometer,
	991	hochgradige Thermometer für Temperaturen über 100° bis 570°,
	40	tiefgradige Thermometer, darunter 23 Pentanthermometer für Temperaturen bis —190°,
zusammen	20 385	Thermometer.

II. Elektrische und optische Temperaturmesser.

	789	Thermoelemente,
	15	Millivoltmeter für thermoelektrische Zwecke, darunter 2 mit Registriervorrichtung,
	1	Kompensationsschaltung nach Lindeck,
	34	optische Pyrometer nach Wanner mit 4 zugehörigen Rauchgläsern,
	23	Glühlampen und
	3	Lichtschwächungen für optisch-pyrometrische Zwecke,
	1	Platinthermometer mit Meßbrücke,
	1	Bestimmung der Thermokraft einer Mangan-Silber-Legierung gegen Silber-Kupfer,
zusammen	867	Instrumente und Apparate mittels elektrischer und optischer Hülfsmittel

III. Druck-Meßinstrumente.

	1	Quecksilberbarometer,
	30	Aneroidbarometer,
	27	Manometer,
	12	Indikatorfedern in 9 Indikatoren,
zusammen	70	Druck-Meßinstrumente.

IV. Apparate zur Untersuchung des Erdöls.

	185	Petroleumprober,
	270	Zähigkeitsmesser,
	7	Siedeapparate für Mineralöle,
zusammen	462	Apparate für Erdöl.

[1]) Wiebe, Grützmacher, Rothe, Moeller, Hoffmann, Hebe.

V. Sonstiges.

114 Legierungsringe für Schwartzkopffsche Dampfkessel-Sicherheitsapparate,
1 andere Metallegierung auf Schmelzpunkt,
2 Junkerssche Kalorimeter,
3 Verbrennungskalorimeter (Bestimmung des Wasserwerts auf elektrischem Wege),
4 Kalorimeterbomben auf Drucke von 300 Atm.,
3 Kohlensorten auf Heizwert, Wasser- und Aschengehalt,
2 Öle für Turbinen auf spezifische Wärme,
2 Proben Viskose „ „ „ ,
8 Petroleumsorten auf spezifische Wärme und Verdampfungswärme,
3 Petroleumsorten auf Entflammbarkeit,

zusammen 142 Prüfungen verschiedener Art.

2. Thermometer.

Von den 20385 Thermometern (1200 weniger als im Vorjahr) waren 3068 wegen Nichteinhaltung der Prüfungsvorschriften unzulässig, 229 gingen beschädigt ein, 153 wurden während der Prüfung schadhaft, sodaß im ganzen 3450 Thermometer = 17 % von den zur Prüfung eingereichten Thermometern zurückgewiesen werden mußten.

Der Rückgang der Thermometer, 700 bei den ärztlichen und 500 bei den übrigen, dürfte durch die Tätigkeit der ausländischen Prüfungsanstalten zu erklären sein, die die ins Ausland gehenden Thermometer z. T. jetzt selbst prüfen. Zu den Ländern, die eine amtliche Thermometerprüfung eingeführt haben, ist neuerdings Rumänien hinzugekommen, das sich formell die französischen Prüfungsbestimmungen zum Muster genommen hat, die sich aber sachlich den deutschen Vorschriften anschließen.

Unter den 17612 ärztlichen Thermometern[1]) waren 7787 = 44 % fehlerfrei, was eine Verbesserung um 5 % gegen das Vorjahr bedeutet. Die im vorigen Bericht erwähnten Versuche über die Verwendbarkeit ärztlicher Thermometer mit farbig belegter Kapillarröhre scheinen die Thermometerfabrikanten veranlaßt zu haben, die Herstellung von Thermometern mit dunkel belegter Kapillare einzuschränken; wenigstens sind unter den zur Prüfung eingereichten Thermometern diejenigen mit gelb und hellgrün belegten Kapillarröhren sehr viel zahlreicher vertreten als früher.

Auf dem am 13. August in Frauenwald abgehaltenen Glasbläsertag kam wiederum die ungünstige Lage der thüringischen Thermometer-Industrie zur Sprache. So wurde mitgeteilt, daß die ärztlichen Thermometer jetzt zu Preisen angeboten würden, die kaum noch die Selbstkosten decken. Zur Abhülfe der Mißstände wurde die Einführung einer obligatorischen Prüfung aller ärztlichen Thermometer als erstrebenswert hingestellt und zunächst die Zwangsprüfung der in öffentlichen Krankenanstalten und von beamteten Ärzten benutzten Thermometer empfohlen. Der Glasbläsertag faßte in einer Eingabe an die Reichsanstalt seine Wünsche zusammen, über deren Ausführbarkeit zurzeit noch Erwägungen stattfinden; doch kann die Einführung einer Zwangsprüfung aller ärztlichen Thermometer nicht als empfehlenswert bezeichnet werden.

3. Thermometer-Prüfungsstellen unter Kontrolle der Reichsanstalt[2]).

Die Großherzoglich Sächsische Prüfungsanstalt für Glasinstrumente zu Ilmenau und die Herzoglich Sächsische Prüfungsstelle für ärztliche Thermometer zu Gehlberg sind im Berichtsjahre je einmal revidiert worden. Die Prüfungsarbeiten der beiden Anstalten sind in nachstehender Tafel zusammengestellt.

Im Jahre 1906 wurden geprüft in

	Ilmenau	Gehlberg
ärztliche Thermometer	41 116	2915
meteorologische, Laboratorium-, Fabrik-Thermometer	1 350	—
häusliche Thermometer	724	—

[1]) Hebe.
[2]) Wiebe.

In der Ilmenauer Prüfungsanstalt wurden 3935 Prüfungsscheine in fremder Sprache ausgefertigt.

4. Elektrische und optische Temperaturmessungen.

a) Thermoelemente[1].

Unter den geprüften 789 Thermoelementen befanden sich 670 Le Chateliersche Thermoelemente, von denen 599 den Drahtvorräten der Firma W. C. Heraeus, Hanau, 51 denen der Firma G. Siebert, Hanau, entnommen, die übrigen einzeln eingesandt waren. Die Zahl dieser geprüften Elemente ist um etwa 10% gegen das Vorjahr zurückgegangen; der Grund hierfür ist wohl in der enormen Steigerung des Platinpreises zu suchen.

Die übrigen Thermoelemente, 50% mehr als im Vorjahr, waren aus Konstantan und Kupfer, Silber oder Eisen zusammengesetzt und wurden für einen Temperaturbereich von -200° bis $+650^\circ$ geprüft; größtenteils entstammten sie den Drahtvorräten der Firma Siemens & Halske A.-G. Die im letzten Tätigkeitsbericht erwähnten günstigen Erfahrungen mit Silber-Konstantan-Elementen sind übrigens schon früher in der Zentralstelle für wissenschaftliche Untersuchungen in Neubabelsberg gemacht worden, wie der Reichsanstalt erst nachträglich bekannt wurde.

Die Versuche in höheren Temperaturen mit den von der Firma W. C. Heraeus zur Verfügung gestellten Thermoelementen aus Iridium gegen Iridium-Ruthenium (10%) sind gelegentlich der Untersuchungen der Segerkegel (s. weiter unten) fortgesetzt worden. Daß man mit diesen Elementen, bei denen allerdings infolge der Verdampfung des Iridiums in hoher Temperatur Änderungen der Thermokraft zu befürchten stehen, gut übereinstimmende Ergebnisse erzielen kann, zeigten wiederholte Beobachtungen der Thermokraft beim Platinschmelzpunkt, wobei sich nur Abweichungen von $\pm 3^\circ$ ergaben. Doch sind die Versuche hierüber noch nicht abgeschlossen.

b) Optische Pyrometer[2].

Außer den Wanner-Pyrometern sind im Berichtsjahre eine Anzahl Glühlampen und Prismen-Lichtschwächungen für Holborn-Kurlbaumsche Pyrometer geprüft worden.

Die schon im vorigen Bericht erwähnte Untersuchung der Fehlerquellen des Wanner-Pyrometers wurde fortgesetzt. Diese Untersuchung ist deswegen wichtig, weil das ursprünglich für technische Zwecke gebaute Instrument neuerdings auch für solche physikalische Arbeiten benutzt worden ist, die einen Anspruch auf erhebliche Genauigkeit machen.

Die Hauptfehlerquelle dieses Apparates liegt darin, daß die kleine Vergleichsglühlampe bei jeder Beobachtung voll beansprucht und daher in der Konstanz ihrer Helligkeit gefährdet wird. Zur Kontrolle ist zwar jedem Apparat eine Amylazetatlampe beigegeben; doch wird deren Licht erst nach Durchgang durch eine davorgesetzte Mattscheibe beobachtet, die nicht nur von Instrument zu Instrument verschieden ist, sondern deren Schwächung auch durch äußere Einflüsse mit der Zeit verändert werden kann. Um diese Fehlerquelle, die man im Laboratorium stets durch den schwarzen Körper selbst vermeiden kann, auch für praktische Zwecke auszuschalten, wurden Versuche mit einer Hefnerlampe angestellt, deren Flamme durch eine Öffnung eines sie umgebenden Metallzylinders direkt beobachtet werden kann; diese Versuche führten zu einem befriedigenden Ergebnis. Außerdem wird beabsichtigt, durch Vergrößerung der vor der kleinen Glühlampe befindlichen Spalthälfte an den Pyrometern der Reichsanstalt eine Vermehrung der Helligkeit und dadurch ermöglichte kleinere Lampenbelastung herbeizuführen. Bei der Prüfung der Wanner-Pyrometer wird die genügende Konstanz der Lampe durch eine Belastungsprobe kontrolliert, die den Beobachtungen am schwarzen Körper voran geht. Bei dieser Vorprüfung werden auch die Wellenlänge des eintretenden Lichtes und die Lage des optischen Nullpunkts bestimmt. Am schwarzen Körper selbst wird eine Vergleichung bei drei Temperaturen ausgeführt.

Eingehend geprüft wurden zwei Prismen-Lichtschwächungen und zwar für rotes, grünes, blaues Licht, das durch drei gefärbte Gläser gegeben war. Um die Unsicherheit in der rein pyrometrischen Bestimmung der Lichtschwächung des Prismensatzes zu vermeiden, wurde er mit einem rotierenden Sektor von nahezu gleicher Schwächung verglichen. Da der Winkel dieses Sektors sehr klein war (etwa 1,6°), so wurde die Größe seiner Licht-

[1]) Lindeck, Rothe, Hoffmann.
[2]) Brodhun, Rothe, Hoffmann.

schwächung auf der Photometerbank geprüft. Dies geschah durch einen Hülfssektor, dessen Lichtschwächung gleich der Quadratwurzel der zu prüfenden war (etwa 17°). Wurde, nachdem dieser Sektor auf der einen (rechten) Seite zwischen Photometer und Lichtquelle geschoben war, photometrische Gleichheit hergestellt, so mußte diese bestehen bleiben, wenn danach der zu prüfende an die Stelle des Hülfssektors gebracht und dieser auf der andern (linken) Seite zwischen Photometer und Lichtquelle eingeschaltet wurde.

Auf diese Weise ergab sich für die Prismenschwächung für rotes Licht ein Wert, der sehr nahe mit dem aus der Fresnelschen Formel zu berechnenden übereinstimmt. Eine gleiche Übereinstimmung wurde für rotes und blaues Licht gefunden, wenn aus verschiedenen Winkeleinstellungen am rotierenden Sektor die mittlere Wellenlänge des hindurchgehenden Lichtes berechnet und den Beobachtungen mit dem Prismensatze zugrunde gelegt wurde. Für grünes Licht dagegen ergaben sich größere Abweichungen, die sich vielleicht aus der großen Ausdehnung des Spektralbereichs und der dadurch hervorgerufenen Ungenauigkeit der Einstellungen erklären lassen.

Bedingung für die Erreichung des theoretischen Wertes ist die richtige Orientierung der Prismenflächen (45° Einfallswinkel und Parallelität der spiegelnden Prismenflächen), die leider bei den zur Prüfung eingesandten Apparaten nicht immer erfüllt ist.

Da sich herausgestellt hatte, daß die von Lummer und Pringsheim angegebenen schwarzen Köper aus Marquardtscher Masse leicht an den Stellen springen, wo die Diaphragmen eingesetzt sind, wurde für die Zwecke der laufenden Prüfungen ein schwarzer Körper konstruiert, der aus einzelnen Hohlkörpern und Diaphragmen leicht zusammengesetzt werden kann.

Durch einen Einsatzkörper aus Magnesia mit fester Zwischenwand und Diaphragmen, der in das Rohr des Iridiumofens (s. weiter unten) geschoben werden kann, ist die Möglichkeit gegeben, höhere Temperaturen optisch zu messen. Diese Anordnung wurde durch wiederholte Messung des Platinschmelzpunkts erprobt. Um dabei Störungen der optischen Einstellungen durch den Temperaturgang zu vermeiden, montierte man in dem Magnesiakörper zwei Thermoelemente aus Iridium-Iridiumruthen; zwischen den Schenkeln des einen schmolz der Platindraht, während gleichzeitig die Thermokraft des andern beobachtet wurde. Man regulierte dann die Temperatur auf den abgelesenen Wert der Thermokraft ein und konnte nunmehr die optischen Einstellungen bei konstanter Temperatur vornehmen.

Das bei der Firma Dr. R. Hase in Hannover in Auftrag gegebene Wanner-Pyrometer für genauere Messungen wurde geliefert und durch wiederholte Meßreihen an den schwarzen Körper angeschlossen. Das Instrument ist für eine Ablesung in allen vier Quadranten eingerichtet, sodaß die Fehler der Exzentrizität eliminiert werden können.

c) Platinthermometer[1].

Von der Firma W. C. Heraeus wird neuerdings eine Form des Platinwiderstandsthermometers gefertigt, bei der der Platindraht in Quarzglas eingeschmolzen ist (vgl. auch *S. 116*). Diese Thermometer folgen äußerst schnell dem Temperaturgange; über ihre Brauchbarkeit zur Messung hoher Temperaturen sind zurzeit Versuche im Gange.

d) Seger-Kegel[2].

Der im vorigen Bericht erwähnte Prüfungsantrag des Vereins Deutscher Fabriken feuerfester Produkte, E. V., betreffend die Bestimmung der Erweichungspunkte der Seger-Kegel ist in Angriff genommen und für die in der Technik am häufigsten gebrauchten Kegel, zunächst Nr. 4 bis Nr. 18, entsprechend einem Temperaturbereich von rund 1200° bis 1500°, ausgeführt. Es hat sich herausgestellt, daß *für die genannten Kegel* die in der Keramik angenommene Temperaturskale bis auf etwa 25° (Kegel 9) mit den gemessenen Temperaturen übereinstimmt; in höheren Temperaturen dagegen scheinen, wie Vorversuche gezeigt haben, beträchtliche Differenzen vorhanden zu sein. Andrerseits ergab sich, daß den Kegeln verschiedener Nummern eine ganz verschiedene Genauigkeit ihrer Erweichungstemperatur zuzuerteilen ist; einige, z. B. Nr. 14, ergeben innerhalb weniger Grade dieselbe Erweichungs-

[1]) Rothe, Hoffmann.

[2]) Rothe, Hoffmann.

temperatur, bei andern, z. B. Nr. 12, konnten Unterschiede bis zu 40° beobachtet werden. Sehr sorgfältig ist bei diesen Messungen auf den Temperaturgang, namentlich in der Nähe des Erweichungspunktes, zu achten, da die Kegel außerordentlich träge sind.

Die Messungen wurden in dem bereits im letzten Bericht erwähnten Heraeusschen Iridiumofen ausgeführt; die Temperaturen wurden durch ein dicht neben dem Kegel befindliches Le Chateliersches Thermoelement, das von Zeit zu Zeit auf die Konstanz seiner Angaben untersucht wurde, in höheren Temperaturen durch ein Iridium-Ruthen-Element und optisch bestimmt.

Der Iridiumofen wird durch niedrig gespannten Wechselstrom (etwa 6 Volt) gespeist, der einem von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin gelieferten 10 Kilowatt-Transformator entnommen ist; durch eine besondere Schaltung mittels eines Hülfstransformators im Primärkreise ist dafür gesorgt, daß die sonst nicht unbeträchtliche Energievergeudung in den Vorschaltwiderständen möglichst vermieden wird. Auch leistete eine Drosselspule mit stetig veränderlichem Luftspalt gute Dienste.

Gleichzeitig mit den sehr zeitraubenden Laboratoriumsversuchen an Seger-Kegeln sind gelegentliche Messungen im praktischen Betriebe ausgeführt worden, zu denen die Oestschen Chamottewerke in Wittenberg ihre Öfen in dankenswerter Weise zur Verfügung stellten. Diese Versuche erstreckten sich zunächst hauptsächlich auf den Temperaturgang der großen Öfen der Praxis, auf die Aufstellung der Seger-Kegel u. s. w. Die Versuche sollen gelegentlich fortgesetzt werden. Ein Registrierpyrometer, das dabei benutzt werden soll, ist von der Firma Siemens & Halske beschafft worden[1]).

e) Pentanthermometer[2]).

Für die Flüssigkeitsthermometer zur Messung tiefer Temperaturen (bis etwa — 200°) hat sich das technische Pentan (Kahlbaum) als Füllung bis jetzt gut bewährt. Die Ausdehnung dieser Flüssigkeit war früher[3]) durch Vergleichungen mit Platinthermometern bei — 80° und — 190° bestimmt worden, und die Zwischenpunkte durch eine Interpolationsformel zweiten Grades provisorisch festgelegt, wie es Holborn (*Ann. d. Physik* **6.** *S. 256. 1901*) früher für Petroläther getan hatte. Diese Formel ist nunmehr durch Vergleichung zweier mit Pentan gefüllter Dilatometer mit Platinthermometern im Temperaturintervall von + 40° bis — 190° von etwa 10° zu 10° geprüft worden; sie konnte *nicht* bestätigt werden, vielmehr wurden Abweichungen bis zu 2,1° (bei — 150°) zwischen der beobachteten und der nach der Formel zweiten Grades interpolierten Ausdehnung gefunden. Die Vergleichung geschah bis gegen — 120° in dem schon früher[4]) für thermoelektrische Zwecke benutzten Flüssigkeitsthermostaten, für tiefere Temperaturen in einem neu konstruierten, ebenfalls elektrisch regulierbaren Luftbade. Die Beobachtungen sind abgeschlossen und sollen demnächst veröffentlicht werden.

5. Manometer[5]).

Unter den geprüften 27 Federmanometern befanden sich 14 Hochdruckmanometer mit Drucken bis 450 *kg/qcm.* Die Prüfungsvorrichtungen für hohe Drucke sind durch die Aufstellung der zweiten Stückrathschen Druckwage mit rotierbarem Stempel vervollständigt worden. Beide Wagen sind mit mehreren Stempeln aus Nickelstahl von verschiedenen Durchmessern versehen worden, sodaß eine gegenseitige Kontrolle der Druckangaben der beiden Wagen ermöglicht ist. Um aber eine ausreichende Kontrolle für die absolute Richtigkeit der gemessenen Drucke zu erhalten, wären noch Untersuchungen mit Druckmeßapparaten anderer Konstruktion erforderlich, wie mit der hydraulichen Druckwage mit Differentialkolben von Schaeffer & Budenberg, mit dem Amagatschen Manometer und mit einem Normal-Quecksilbermanometer für hohe Drucke. Über die Beschaffung einer hydraulischen Druckwage haben mit der Firma Schaeffer & Budenberg Verhandlungen stattgefunden, die dazu führten, daß die Firma zunächst einen Stahlzylinder mit Differentialkolben, den

---

[1]) Die Kosten für die Beschaffung der Apparate sind zum Teil aus den Beiträgen des genannten Vereins sowie der Redaktion der Tonindustrie-Zeitung gedeckt worden.

[2]) Rothe, Hoffmann.

[3]) *Diese Zeitschr.* **22.** *S. 192. 1902;* **24.** *S. 47. 1904.*

[4]) *Diese Zeitschr.* **22.** *S. 14. 1902.*

[5]) Wiebe.

wichtigsten Teil des Apparats, hier eingereicht hat, um daran prüfen zu können, welche Genauigkeit bei der Ausmessung des Durchmessers des Differentialkolbens und des Hohlzylinders zu erreichen ist. Der Differentialkolben hat im oberen Teil 3 *qcm* Querschnitt, im untern 2 *qcm*, sodaß 1 *qcm* wirksame Druckfläche vorhanden ist.

6. Apparate zur Untersuchung der Mineralöle[1].

Die Anzahl der geprüften Apparate hat um mehr als 30% zugenommen, auch ist das Laboratorium durch Untersuchung von Petroleum-, Benzin- und Ölproben auf Entflammbarkeit, spezifische Wärme u. s. w. vielfach in Anspruch genommen worden.

Unter den geprüften Petroleumprobern befanden sich zwei Normalprober für die k. k. Normal-Eichungskommission in Wien, die mit einer Genauigkeit von 0,1° bezüglich des Entflammungspunktes untersucht wurden, während in der Regel nur 0,5° Genauigkeit erzielt wird. Ferner waren zum ersten Male auch Benzinprober zur Prüfung eingereicht, welche wegen der niedrigen Entflammbarkeit des Benzins während der Wintermonate im Freien geprüft werden mußten.

Zur Einführung einheitlicher Prüfungsbestimmungen für Zähigkeitsmesser fand am 3. November 1906 in der Reichsanstalt zwischen Vertretern der Reichsanstalt, des Kgl. Preußischen Materialprüfungsamtes zu Groß-Lichterfelde und der Großh. Badischen chemisch-technischen Prüfungs- und Versuchsanstalt zu Karlsruhe eine Verhandlung statt, die zu einem völligen Einvernehmen aller drei beteiligten Behörden führte. Die neuen Prüfungsbestimmungen sind am 1. April 1907 in Kraft getreten.

7. Indikatoren[2].

Die im Vorjahre begonnenen Untersuchungen über die Proportionalität der Schreibzeuge bei Indikatoren sind zu Ende geführt, über die Resultate ist in Heft 34 der Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, berichtet worden (Anh. Nr. 49). Ebenso sind die Resultate der älteren und neueren Untersuchungen des Temperaturkoeffizienten bei den zur Prüfung eingereichten Indikatorfedern auf Wunsch des Indikatorfeder-Ausschusses publiziert worden (Anh. Nr. 48).

Die im Dezember 1905 vom Indikatorfeder-Ausschuß unter dem Vorsitz des Herrn Baudirektors v. Bach beschlossenen einheitlichen Bestimmungen über die Feststellung der Maßstäbe für Indikatorfedern (Anh. Nr. 6) sind auf dem Kongreß des Internationalen Verbandes der Dampfkessel-Überwachungsvereine, der im September 1906 in Mailand tagte, angenommen, sodaß die gleichen Bestimmungen jetzt in Deutschland, Österreich, Italien, Frankreich, Schweiz, Belgien, Schweden gelten, was bei Lieferung von Dampfmaschinen, Motoren u. s. w. nach diesen Staaten von Wichtigkeit ist. Als Vertreter der Reichsanstalt nahm an dem Kongreß Prof. Wiebe teil, der seinen Aufenthalt in Mailand auch zu einem Studium der Weltausstellung bezüglich der Gegenstände auf den Gebieten der Mechanik und Glasindustrie benutzte. Ein Bericht darüber ist in der Deutschen Mechaniker-Zeitung erschienen (Anh. Nr. 55).

IV. Optische Arbeiten.

1. Photometrische Prüfungen[3].

Nachstehende Tabelle enthält die im Jahre 1906 ausgeführten photometrischen Prüfungen:

101 beglaubigte Hefnerlampen, davon
- 24 mit Visier,
- 55 mit optischem Flammenmesser,
- 4 mit Visier und optischem Flammenmesser,
- 1 mit Visier und Ersatzdochtrohr,
- 10 mit optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr,
- 5 mit Visier, optischem Flammenmesser und 1 Ersatzdochtrohr,
- 2 mit Visier, optischem Flammenmesser und 2 Ersatzdochtrohren;

307 elektrische Glühlampen mit Kohlefäden, davon
- 40 in Dauerprüfung mit im ganzen 14530 Brennstunden;

[1]) Hebe, Moeller, Wiebe.
[2]) Wiebe, Leman.
[3]) Brodhun, Liebenthal, Schönrock.

93 Metallfadenlampen (Auer-Oslampen, Tantal-, Osram-, Wolfram- und Osminlampen), davon
58 in Dauerprüfung mit im ganzen 60440 Brennstunden;
9 Bogenlampen mit Kohle-Elektroden;
2 Quecksilberbogenlampen;
58 Gasglühlichtapparate mit aufrecht stehendem Glühkörper, davon
16 in Dauerprüfung mit im ganzen 4400 Brennstunden;
9 Gasglühlichtapparate mit hängendem Glühkörper;
3 Gasglühlichtbrenner besonderer Konstruktion;
1 Preßluft-Gasglühlichtbrenner;
6 Petroleumglühlichtlampen;
5 Azetylenscheinwerfer für Automobile.

Die großen Fortschritte, die in den letzten Jahren auf dem Gebiete der elektrischen Glühlichtbeleuchtung gemacht sind, kommen auch in den zahlreichen und umfangreichen Prüfungen von elektrischem Glühlicht zum Ausdruck.

Unter den Untersuchungen von Kohleglühlampen ist eine mit zehn 16-kerzigen Lampen zu 220 Volt erwähnenswert. Die durchschnittliche Brenndauer bis zu einer Lichtabnahme um 20% der Anfangslichtstärke betrug 640 Brennstunden. Dabei stieg der Wattverbrauch für 1 HK mittlere Lichtstärke senkrecht zur Lampenachse von 3,5 Watt auf 4,5 Watt.

Den größten Arbeitsaufwand erforderten die Prüfungen der Metallfadenlampen. Bemerkenswert ist darunter das Ergebnis der Dauerprüfung von 16 Osramlampen zu etwa 30 HK und 115 Volt von der Auergesellschaft in Berlin, die bei einer Anfangsbelastung von 1,1 Watt auf 1 HK mittlere Lichtstärke senkrecht zur Lampenachse mit Wechselstrom, wie er von der Charlottenburger Zentrale geliefert wird, gebrannt wurden. Die Lichtstärke der Lampen nahm in den ersten 200 Brennstunden um mehrere Prozent zu und danach langsam ab. Nach 1000 Brennstunden war sie nur etwa 5% kleiner als anfangs. Eine andere Serie von 16 Osramlampen verhielt sich nahezu ebenso.

Bekanntlich ist es möglich, Metallfadenlampen, bei denen der Faden zerrissen ist, dadurch wieder zusammenzuschweißen, daß man die Enden miteinander in Berührung bringt, während die Lampe eingeschaltet ist. Bei den Prüfungen wurden die mit so zusammengeschweißten Lampen erhaltenen Ergebnisse für die Bestimmung der durchschnittlichen Lebensdauer nicht mit benutzt.

Die im Berichtsjahre eingesandten Gasglühlichtapparate für hängendes Gasglühlicht zeigten nur geringfügige Abweichungen von den vordem eingesandten. Demgemäß entsprechen auch die Ergebnisse der Prüfung den im Vorjahre erhaltenen. Im günstigsten Falle betrug der stündliche Gasverbrauch auf 1 HK mittlere räumliche Lichtstärke 1,2 *l*. Die Lichtverteilung zeigte bei den verschiedenen Apparaten nicht unerhebliche Abweichungen. Während z. B. im allgemeinen die größte Lichtstärke etwa 60° gegen die Horizontalebene nach unten geneigt ist, lag sie in einigen Fällen nahezu in der Horizontalebene. Man muß also bei der Vergleichung verschiedener Arten von hängendem Gasglühlicht stets die mittlere räumliche Lichtstärke zugrunde legen.

Je mehr die Lichtquellen und ihre Lichtverteilung an Mannigfaltigkeit zunehmen, um so mehr dringt auch in der Technik die Überzeugung durch, daß allein die mittlere räumliche Lichtstärke ein geeignetes Maß für die Lichtabgabe eines Beleuchtungskörpers ist. Demgemäß mehrten sich auch im Berichtsjahre die Anträge auf Bestimmung der räumlichen Lichtstärke, ohne daß, wie früher meist, auch die Angabe der Lichtverteilung verlangt wurde. Ein Teil der so geprüften elektrischen Glühlampen waren als Normale für das Ulbrichtsche Kugelphotometer bestimmt, mit dem bekanntlich nur mit Hülfe einer Lichtquelle, deren mittlere Lichtstärke bekannt ist, Messungen ausgeführt werden können. Auch für die Reichsanstalt ist ein Ulbrichtsches Kugelphotometer in Bestellung gegeben worden, welches inzwischen geliefert worden ist.

2. Auswertung der Carcellampe und der Pentanlampe in Hefnerkerzen[1]).

Die international vereinbarten Untersuchungen über die Lichtstärkenverhältnisse der bekanntesten Lichteinheiten: Carcellampe, Hefnerlampe und 10-Kerzen-Pentanlampe sind nun auch in Frankreich abgeschlossen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind jetzt sämtlich veröffentlicht (wegen der deutschen s. Anh. Nr. 50). Die französischen Ergebnisse stimmen mit den in Deutschland und England erhaltenen recht gut überein. Bemerkenswert ist, daß nach den französischen Messungen die 10-Kerzen-Pentanlampe genau gleich der Carcellampe ist, während nach den deutschen die erstere um 1%, nach den englischen um 1,7% lichtstärker ist. Als Verhältnis der Carcellampe zur Hefnerlampe wurden in den verschiedenen Ländern überraschend übereinstimmende Werte gefunden.

Für den Sommer ist eine neue Zusammenkunft der internationalen Lichtmeßkommission geplant.

3. Saccharimetrie[2]).

Zu der fünften Versammlung der „Internationalen Kommission für einheitliche Methoden der Zuckeruntersuchungen", welche am 3. August 1906 in Bern zusammentrat, ist seitens der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt Prof. Brodhun entsandt worden. Für die Arbeiten zur Prüfung von Saccharimetern war es von Bedeutung, daß in dieser Versammlung der besonders von einigen französischen Chemikern ausgehende Vorschlag, die außer in Frankreich allgemein gebräuchliche deutsche Saccharimeterskale (mit 26 *g* Normalgewicht) durch eine neue (mit nur 20 *g*) zu ersetzen, so wenig Unterstützung fand, daß man ihn wohl als definitiv erledigt ansehen kann.

4. Prüfung von Quarzplatten[3]).

Während des Jahres 1906 wurden 26 Saccharimeter-Quarzplatten zur Prüfung eingesandt, von denen 4 wegen nicht genügender Parallelität oder zu großen Achsenfehlers für saccharimetrische Zwecke nicht geeignet waren.

5. Versuche mit Metalldampflampen[4]).

Die Untersuchungen über die Brauchbarkeit und Lebensdauer der Quarzglas-Metalldampflampen wurden unter Mitwirkung der Firma Heraeus fortgesetzt. Bei den Dauerprüfungen zeigte es sich, daß die mit der Luftpumpe verbundenen Lampen auch nach Abstellen der Pumpe beliebig lange weiter brannten, wenn das Abstellen der Pumpe erst etwa 15 bis 30 Minuten nach der Zündung der Lampe erfolgt und die Pumpe den beim Erhitzen mit dem Leuchtgasgebläse in beträchtlicher Menge durch die Quarzwand dringenden Wasserstoff und die etwa an den Wänden, sowie im Kohlenniederschlag und Metall verdichteten Gase entfernt hat. Man kann daher hoffen, auch Lampen für dauerndes Funktionieren in abgeschmolzenem Zustande herzustellen, wenn man sie behufs Zündung mit einer elektrischen Heizvorrichtung versieht und die Lampen auch mit einer elektrischen Vorrichtung von der Pumpe abschmilzt. Solche Lampen haben schon bis zu 50 Stunden gebrannt.

Die Beschäftigung mit den von derartigen Lampen ausgesendeten Strahlen führte zu einer theoretischen Untersuchung über die Abhängigkeit der Breite der Spektrallinien von Temperatur, Druck und Molekulargewicht der leuchtenden Dämpfe. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind veröffentlicht worden (Anh. Nr. 51 und 60).

Des weiteren ist mit Versuchen begonnen worden, die hervorragende Brauchbarkeit der Quarzlampen für genaue polarimetrische Messungen mit Hülfe eines neu konstruierten Polarisationsapparates zur Bestimmung der Rotationsdispersion mit weißem wie auch homogenem Licht zu erproben. Mittels dieses Apparates und der Quarzlampen soll dann auch eine experimentelle Prüfung der von Lippich begründeten Theorie des optischen Schwerpunktes von Lichtquellen für die Polarimetrie ausgeführt werden (Anh. Nr. 52).

6. Ausmessung des Parallelismus und der Planheit von Platten[5]).

Bei der im vorigen Tätigkeitsberichte erwähnten Bestimmung des Parallelismus einer Glasplatte von 145 *mm* Durchmesser und 4,9 *mm* Dicke war besonders der eine Durchmesser wiederholt ausgemessen worden, und zwar an elf um je 10 *mm* voneinander entfernten Punkten 0 bis 10. Die damals gefundenen Dickenunterschiede gegen den 0-Punkt sind in

[1]) Brodhun, Liebenthal.
[2]) Brodhun, Schönrock.
[3]) Brodhun, Schönrock.
[4]) Schönrock.
[5]) Schönrock.

der ersten Reihe der folgenden Tabelle enthalten, während die im Dezember 1906 ermittelten in der zweiten Reihe stehen.

Zeit	Dickenunterschiede in $\mu\mu$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Januar 1906	+ 2,3	− 7,2	− 29,8	− 46,7	− 20,5	− 8,3	− 27,1	− 44,6	− 30,4	− 26,2
Dezember 1906	+ 2,6	− 7,4	− 28,1	− 43,9	− 19,9	− 7,1	− 26,1	− 42,1	− 28,8	− 25,6

Da bei diesen Parallelismus-Messungen nach den bisherigen Erfahrungen durch die Beobachtungsfehler höchstens Differenzen von 1,5 $\mu\mu$ zu erklären sind, so ist es nicht ausgeschlossen, daß sich in der Zwischenzeit der Parallelismus dieses nicht spannungsfreien Glases geändert hat, und zwar durch verschieden starke Änderungen der Dicke und des Brechungsexponenten an den verschiedenen Stellen. Sicherheit hierüber können aber erst nach längerer Zeit wiederholte Messungen geben.

Die Verbesserungen, welche an den Vorrichtungen für die Auflagerung und Entlastung des zu den Planheits-Messungen dienenden Vergleichsglases vorgenommen worden sind, haben sich gut bewährt. So ergaben z. B. drei einzelne, an verschiedenen Tagen ausgeführte Versuchsreihen I bis III für die Dickenunterschiede derselben Luftschicht zwischen den zu vergleichenden Flächen die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Werte, wobei die Dicken an den Punkten 0 und 10 rechnerisch auf Null reduziert sind; die Abweichungen liegen wahrscheinlich nicht außerhalb der bei den Planheits-Messungen möglichen Beobachtungsfehler.

Versuchsreihe	Dickenunterschiede in $\mu\mu$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	124	217	254	242	236	208	183	117	56
II	124	218	254	243	235	208	183	118	54
III	126	219	256	245	239	211	186	122	56
IV	122	211	247	234	227	200	177	114	52

Dann aber traten zuweilen plötzliche Änderungen ein, wie dies z. B. die in der vorhergehenden Tabelle angegebene Versuchsreihe IV zeigt. Der Grund hierfür dürfte in Durchbiegungen des auf dickem Velvet ruhenden Parallelglases zu suchen sein, dessen Dicke (4,9 *mm*) im Verhältnis zu seinem Durchmesser (145 *mm*) wohl zu gering ist. Möglicherweise ist auch eine andere Auflagerung der Platte geeigneter. Weitere Versuche sollen hierüber entscheiden.

Bedeutend dicker sind die Platten gewählt, welche beim Studium der Frage nach der zeitlichen Veränderlichkeit der Planheit von Flächen optischer Gläser benutzt werden. Es sind dies vier von der Firma Carl Zeiß in Jena vor kurzem der Reichsanstalt zur Verfügung gestellte, schwach keilförmige Platten von 100 *mm* Durchmesser und 15 *mm* Dicke, von denen drei aus den am ausgedehntesten zur Verwendung kommenden Glassorten verfertigt sind, während die vierte eine senkrecht zur Achse geschliffene Quarzplatte ist. Die Untersuchungen der Planheit dieser Glasflächen sind im Gange, und zwar nach der neuen im vorigen Tätigkeitsberichte erwähnten Methode zur Bestimmung der Fehler des Vergleichsglases, bei welcher eine Verschiedenheit des Brechungsquotienten an verschiedenen Stellen des Glases nichts schadet.

7. Prüfung von Gläsern auf Spannungen[1]).

Den in optischen Gläsern stets vorhandenen Spannungen ist aus vielfachen Gründen auch im optischen Laboratorium seit langem besondere Beachtung geschenkt worden. Auch mit Rücksicht auf das Vorhergehende sind solche Untersuchungen auf Spannung von

[1]) Brodhun, Schönrock.

Wichtigkeit. Einerseits könnte z. B. eine etwaige zeitliche Veränderlichkeit in der Planheit durch gleichzeitige merkliche Spannungsänderungen im Glase bedingt sein, andererseits sind mit Hülfe des Interferenzapparates zur Prüfung von Planflächen auch Versuche über den Einfluß der im Glase vorhandenen Spannungen auf seinen Brechungsexponenten geplant. Aus diesen Gründen wurde es versucht, die gewöhnlich in Anwendung kommende Polarisationsmethode zur Prüfung von Glas auf Spannungen zu einer möglichst empfindlichen zu gestalten. Der Erfolg ist aus den beiden Fig. 10 und 11 erkennbar, die Wiedergaben photographischer Aufnahmen sind. Die Bilder zeigen verkleinert das Aussehen zweier „bestgekühlter und möglichst spannungsfreier“ Glasplatten zwischen gekreuzten Nicols; der wirkliche Durchmesser des kreisrunden, auf den Platten liegenden und von diesen ausgefüllten Gesichtsfeldes beträgt 100 *mm*. Da die Aufhellungen im Gesichtsfelde sehr stark sind, so sind sie auch mit bloßem Auge betrachtet ohne weiteres sichtbar. Die Platte der Fig. 10 ist 15 *mm*, diejenige der Fig. 11 nur 5 *mm* dick. Die Bemühungen, bessere Glasplatten von ähnlich großen Dimensionen zu erhalten, waren bisher vergeblich.



Fig. 10.



Fig. 11.

Auch Objektive lassen sich nach dieser Methode gut untersuchen.

8. Dioptrische Prüfungen[1]).

Die dioptrischen Prüfungen beschränkten sich auf die Untersuchung von drei Glaslinsen auf die Krümmungsradien ihrer Flächen, ihre Dicke und ihr Lichtbrechungsvermögen.

V. Chemische Arbeiten.

1. Verwitterung optischer Glasarten[2]).

Die Bestimmung der hydrolytischen Angreifbarkeit von Glasgegenständen mit Hülfe von Eosin war bisher durch die Benutzung der großen Oberflächen ermöglicht worden, welche *geblasene Glasgefäße* den Reagentien darbieten. Für die Prüfung *optischer Glasarten* auf ihre Haltbarkeit an der Luft stehen aber meist nur Objekte mit kleinen Oberflächen zur Verfügung, man wird daher hier für den Vergleich auf die Untersuchung frischer Bruchstücke angewiesen sein. Die Untersuchung geschliffener Gegenstände würde zu keinem Ergebnis führen, da ihre Oberflächenschicht durch den Schleifprozeß unkontrollierbar verändert ist.

Die Firma Schott & Gen. in Jena hat bereitwillig eine große Anzahl gut definierter optischer Glasarten in Form dünner, rechtwinkelig gesägter Platten zur Verfügung gestellt, an deren glatten Bruchflächen die Eosinreaktion zur Anwendung kommen soll.

Schon durch einstündige Berührung mit ätherischer Eosinlösung lassen sich die leicht angreifbaren von den schwer verwitternden Glassorten scharf unterscheiden. Die Unterschiede wachsen mit der Dauer der Einwirkung. In 24 Stunden wechselt die auf 1 *qdm* Bruchfläche niedergeschlagene Menge Jodeosin bei den einzelnen Glastypen von 0,02 bis 1,10 Milligramm, also wenigstens um den 50-fachen Betrag.

2. Wasserglas[3]).

Die früher wiederholt festgestellte Aufnahmefähigkeit des Glases für Wasser hat zu näherer Beschäftigung mit dem *Wasserglase* geführt.

Hr. F. Kohlrausch hatte 1893 die Lösungen von Natron- und Kaliwasserglas verschiedener Zusammensetzung durch die Bestimmung ihres elektrischen Leitvermögens auf physikalischem Wege definiert und dabei wichtige zeitliche Veränderungen gefunden[4]).

Es bestand aber fortgesetzt das Bedürfnis auch nach *chemischen* Reaktionen, welche die Verschiedenheit der Lösungen und ihre Änderungen durch den Augenschein erkennen lassen.

Nach näheren Versuchen darüber ist das *Chlornatrium* ein derartiges Reagens.

Lösungen von Alkalisilikat bis zu einem durch die Formeln Na_2O, $2SiO_2$ bezw. K_2O, $2SiO_2$ begrenzten Gehalt an Kieselsäure werden durch Kochsalz nicht gefällt. Ein, wenn

[1]) Brodhun, Schönrock.
[2]) Mylius.
[3]) Mylius.
[4]) F. Kohlrausch, *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **12.** *S. 773. 1893.*

auch kleiner, Überschuß an Kieselsäure, z. B. 0,1 SiO_2, macht sie fällbar. Das Optimum der Fällbarkeit wird durch Sättigung der Lösung mit Salz bei Siedetemperatur erreicht. Der gelartig gefällte Anteil besteht aber nicht nur aus der überschüssigen Kieselsäure, sondern enthält neben Wasser noch große Mengen von Alkalisilikat.

Technische Wasserglaslösung zeigt ein begrenztes Aufnahmevermögen für Kochsalz und erfährt durch kleine Mengen desselben ein starkes Anwachsen der Viskosität; vermehrter Salzzusatz führt zur Koagulation. Ähnlich wie Kochsalz wirkt Alkohol, von welchem 1,8 % genügen, um die gewöhnliche Natronwasserglaslösung in eine homogene Gelatine zu verwandeln; ein Überschuß wirkt fällend.

Die Aufnahmefähigkeit für Fremdkörper ist von der Temperatur abhängig. Gelatinöse gesättigte Lösungen werden durch Abkühlen getrübt (Anfang der Schichtenbildung), durch Erwärmen wieder klar.

Diese Erscheinung wird durch die *erdigen Verunreinigungen* (Kalk, Tonerde, Eisenoxyd u. s. w.) verursacht, welche die Schichtenbildung durch Fremdkörper wie Kochsalz oder Alkohol begünstigen und das Wasserglas dem gewöhnlichen Glase vergleichbar machen.

Entsprechend den Erklärungen von Kohlrausch sind auch die in Wasserglaslösungen freiwillig vor sich gehenden Veränderungen mit Hülfe von Chlornatrium erkennbar in dem Sinne, daß die durch Polymerisation u. s. w. entstandenen komplizierten Massenteile gefällt werden.

Wegen der großen Bedeutung der amorphen Silikate in vielen Gebieten der Technik ist das Studium ihrer Umbildung durch Fremdkörper nicht ohne praktisches Interesse. Eine Mitteilung über die angeführten Versuche befindet sich im Druck.

3. Reinigung von Eisen[1]).

Zu Versuchen, reines Eisen durch Kristallisation aus dem Schmelzfluß zu gewinnen, würde man einwandfreier gasdichter Gefäße für Weißglühhitze bedürfen, welche bisher, trotz vielfacher Bemühungen der keramischen Technik, noch nicht beschafft werden konnten.

In der Absicht, die Reinigung auf *nassem Wege* durchzuführen, benutzt man meist die Fällung von Eisenoxydullösungen durch Oxalsäure und die Reduktion des schwerlöslichen Ferrooxalates durch Erhitzen im Wasserstoff.

Eine Prüfung ergab aber, daß das Oxalatverfahren zur Beseitigung der metallischen Verunreinigungen nicht geeignet ist, und daß das gefällte Salz insbesondere, wie sämtliche Eisenpräparate des Handels, Mangan enthält.

Für die Anwendung von *Ferroformiat* ergaben sich dieselben Nachteile wie für das Oxalat. Es liegt nahe, *Oxydsalze* als Ausgangsmaterial zu wählen; eingehende Versuche wurden mit dem *Eisennitrat*, $Fe(NO_3)_3 + 9\,H_2O$, ausgeführt, welches sich durch Kristallisationsprozesse vom Mangan befreien und auf verschiedene Weise in Oxyd umbilden läßt. Aus Eisenoxyd wird durch Reduktion mit Wasserstoff pulverförmiges Eisen gewonnen. Auch dieser einfache Weg ist praktisch nicht ohne Schwierigkeit durchführbar. Das dabei erhaltene, nicht pyrophorische Eisenpulver läßt sich bei 1000° leicht zu kompakten, aber noch porösen Stäben zusammenschweißen.

Das reinste reduzierte Eisen von Kahlbaum enthält noch über 0,1 % Verunreinigungen, unter welchen Mangan, Kupfer, Nickel und in Säure unlösliche Stoffe zu nennen sind. Die *magnetische* Untersuchung daraus hergestellter, zusammengeschweißter Stäbe ergab die relativ hohe Koerzitivkraft 6, welche wesentlich auf einen Gehalt an Wasserstoff zurückgeführt wird.

Inwieweit eine Reinigung des Eisens durch Schmelzen geschweißter Stäbe unter Luftabschluß möglich ist, müssen weitere Versuche ergeben.

4. Wirkung alkalischer Schmelzen auf Platin[2]).

Bei früheren Versuchen wurde die Zerstörung der Platintiegel durch alkalische Schmelzen auf die Mitwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs zurückgeführt.

Weitere Beobachtungen an geschmolzenem *Natriumhydrat* ergaben, daß das Alkali dabei die Rolle eines Sauerstoffüberträgers spielt. An der Luft erfolgt die Bildung von *Alkalisuperoxyd*, welches seinerseits das Platin direkt unter Bildung eines schwarzen Alkaliplatinates oxydiert.

[1]) Mylius, Groschuff.

[2]) Hüttner.

Nach den zu Tabellen geordneten Versuchsdaten konnte der Gehalt geschmolzenen Natrons an Superoxyd durch Einwirkung der Luft bei 700° auf etwa 2 % gesteigert werden.

Andererseits ergab die Einwirkung derartiger Schmelzflüsse auf Platin bei der gleichen Temperatur *unter Luftabschluß* eine dauernde Abnahme des Superoxydgehaltes und gleichzeitig eine Zerstörung des Platins durch Oxydation, welche während einer Stunde etwa 0,7 *g* auf 100 *qcm* Oberfläche betrug.

Bei der während mannigfacher Glühoperationen scheinbar zufälligen Zerstörung der Platingeräte spielen die anwesenden Sauerstoffüberträger vermutlich eine wesentliche Rolle.

Zu bemerken ist, daß in dem reinsten Natriumhydrat des Handels, welches aus metallischem Natrium hergestellt wird, wechselnde Mengen Natriumsuperoxyd gefunden wurden.

Bei der Fortsetzung der Untersuchung sollen die Grenzen für die Superoxydbildung in alkalischen Schmelzen für wechselnde Temperaturen näher bestimmt werden.

5. Schmelzdiagramme von Salzgemischen[1]).

Die Metallographie ist in der letzten Zeit durch Untersuchungen über die Abkühlung geschmolzener Legierungen sehr gefördert worden. Die *Schmelzdiagramme* haben sich auch für die Kenntnis erstarrter Salzmischungen von Wichtigkeit erwiesen. Im Anschluß an die in Göttingen ausgebildeten Methoden sind die Schmelzdiagramme einiger Salzmischungen bestimmt worden, welche folgendes ergeben haben:

1. Molybdänsäure + Natriummolybdat. Die Existenz eines Natriumdimolybdates wurde erwiesen.

2. Kaliumchromat + Kaliumdichromat. Kaliumchromat existiert in zwei kristallographisch verschiedenen Modifikationen.

3. Kaliumchromat + Kaliumsulfat. Die beiden Modifikationen des Kaliumchromates entsprechen völlig denen des Kaliumsulfates. Diese Salze bilden in beiden Modifikationen Mischkristalle ohne Mischungslücke.

4. Kaliumdichromat + Chromsäure. Nur Mono- und Dichromat sind im Schmelzfluß beständig; Kaliumtrichromat und -tetrachromat zersetzen sich beim Erhitzen.

6. Verbesserung der Vorschriften für die Metallbeizung[2]).

Im Sinne einer von der Deutschen Gesellschaft für Mechanik und Optik an die Reichsanstalt übersandten Denkschrift, betreffend Rezepte für den Gebrauch in präzisionsmechanischen Werkstätten, wurde in Gemeinschaft mit der mechanischen Werkstatt eine kritische Untersuchung in Angriff genommen über die Methoden der Metallbeizung, welche zu haltbaren Überzügen von verschiedener Färbung führen können.

Über den Beginn der Arbeit ist schon im vorigen Jahre berichtet worden[3]).

Da die Präzisionsmechanik an die gefärbten Überzüge wesentlich andere Anforderungen stellt als das Kunstgewerbe, so ist in der Werkstatt der Reichsanstalt eine einfache Schleifvorrichtung konstruiert worden, welche eine vergleichende Prüfung der mechanischen Haltbarkeit dieser Überzüge erlaubt.

Als Schleifmaterial ist hierbei Asbestpappe unter bestimmten Bedingungen der Reibung (*1 kg* Belastung bei 340 Touren in der Min.) gewählt worden.

Die mit dem Überzug versehenen Schleifobjekte haben die Gestalt von 2 *cm* dicken Zylindern, welche unter dem als Band verwendeten Schleifmaterial mit bestimmter Geschwindigkeit in Rotation versetzt werden. Als Maß der mechanischen Haltbarkeit der aufliegenden Schicht kann bei vergleichenden Versuchen die Zeit gelten, welche bei dem Schleifen zur Bloßlegung der Metallunterlage erforderlich ist.

Obwohl man für die Erkennung des Endpunktes auf willkürliche Schätzung angewiesen ist, ergibt die Schleifprobe doch einen bis jetzt fehlenden Anhalt, die haltbaren von den nicht haltbaren Überzügen zu unterscheiden.

Andererseits ist leicht ersichtlich, daß die Vorrichtung nicht dazu dienen kann, eingesandte Proben amtlich auf den Grad ihrer Haltbarkeit zu prüfen.

---

[1]) Groschuff.

[2]) Mylius, v. Liechtenstein.

[3]) *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 122. 1906.*

Vorversuche ergaben zum Beispiel:

Messingrohr, überzogen mit	
Arsen a	10 Sekunden
„ b	30 „
„ c	2 Minuten
Antimon a	15 Sekunden
„ b	30 „
„ c	2 Minuten
Kupferoxyd a (Ammonverfahren)	2 „
„ b (Abbrennen)	3 „
Lackschicht a	1 „
gefärbte Lackschicht b	2 „
farblose Lackschicht c	4 „

Durch Übereinkunft wird man dahin gelangen, als zu fordernde Minimalgrenze ein bestimmtes Zeitintervall (etwa 1 Minute) festzusetzen, innerhalb dessen die aufgetragenen Schichten bei der angedeuteten Schleifart nicht durchgerieben werden dürfen. Durch die Forderung eines bestimmten Grades der Haltbarkeit wird man im Sinne der Denkschrift am ehesten in der Lage sein, das Brauchbare vom Unbrauchbaren zu unterscheiden und der Präzisionsmechanik bestimmte Vorschriften für die Erzeugung der Niederschläge zu empfehlen. Die Wetterbeständigkeit muß mit anderen Mitteln geprüft werden.

Die *chemische* Beurteilung der Beizvorschriften bietet überaus mannigfaltige Gesichtspunkte und erfordert zahlreiche Versuchsreihen, welche im engsten Zusammenwirken mit der mechanischen Werkstatt durchzuführen sind.

Bei den bisherigen Versuchen hat es sich gezeigt, daß die Erzeugung und die Haltbarkeit der Niederschläge häufig durch den Sauerstoff der Luft begünstigt werden, welcher andererseits bestimmte Überzüge auch nachteilig verändern kann.

VI. Arbeiten der Werkstatt.

Den Gegenstand größerer Arbeiten bildeten

2 Chronographen, aus alten Morseapparaten umgearbeitet,
3 Uhrkontakte,
1 Vorrichtung zur Bestimmung der Leitfähigkeit von Stäben und Blechen in kaltem und warmem Zustand,
1 kontinuierlich variabler Plattenkondensator,
1 Normalluftkondensator,
2 große Vorschaltwiderstände,
1 Palminapparat zum Prüfen von Thermometern,
1 Kalorimeter,
1 Platinglühapparat.

Mit Beglaubigungs- und Prüfungsstempel wurden versehen

7 Spindeln und Maßstäbe,
82 Stimmgabeln,
186 Widerstände und Normalelemente,
104 Stäbe und Streifen aus Eisen und Stahl für magnetische Untersuchungen,
101 Hefnerlampen,
2 Fassungen für Quarzplatten,
5 Kalorimeter.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
(gez.) Warburg.

Anhang.

Veröffentlichungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Allgemeines.

1. Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1905. *Diese Zeitschr.* ***26.*** *S. 109—125, 145—160, 185—194. 1906.*
2. Hagen und Scheel, Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Beitrag für die Festschrift zum 50-jährigen Bestehen des Vereins deutscher Ingenieure. 1906. *S. 60—67.*
3. Jaeger und Lindeck, Die Ergebnisse der Internationalen Konferenz über elektrische Maßeinheiten zu Charlottenburg vom 23. bis 25. Oktober 1905. *Elektrotechn. Zeitschr.* ***27.*** *S. 237—240. 1906.*
4. Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter, Nr. 12, 13, 14, 15 u. 16. *Zentralbl. f. d. Deutsche Reich 1905. S. 389; 1906. S. 17, 542, 556, 1176; Elektrotechn. Zeitschr.* ***27.*** *S. 96—97, 497—501, 525, 677—679, 927—928. 1906.*
5. Über private Prüfungsscheine für Thermometer. *Deutsche Mech.-Ztg. 1906. S. 142—143.*
6. Bestimmungen über die Feststellung der Maßstäbe für Indikatorfedern im Einvernehmen mit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt aufgestellt vom Verein deutscher Ingenieure. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* ***50.*** *S. 709—712. 1906.*

Abteilung I.

Amtliche Veröffentlichungen.

7. Grüneisen, Über das Verhalten des Gußeisens bei kleinen elastischen Dehnungen. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* ***8.*** *S. 469—477. 1906; Physikal. Zeitschr.* ***7.*** *S. 901—904. 1906.*
8. Holborn und Valentiner, Temperaturmessungen bis 1600° mit dem Stickstoffthermometer und mit dem Spektralphotometer. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1906. S. 811—817.*
9. Holborn und Valentiner, Eine Vergleichung der optischen Temperaturskale mit dem Stickstoffthermometer bis 1600°. *Ann. d. Physik* ***22.*** *S. 1—48. 1907.*
10. Scheel, Versuche über die Ausdehnung fester Körper, insbesondere von Quarz in Richtung der Hauptachse, Platin, Palladium und Quarzglas bei der Temperatur der flüssigen Luft. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* ***9.*** *S. 3—23. 1907.*
11. Scheel, Bestimmung der Brechungsexponenten von Gasen bei Zimmertemperatur und bei der Temperatur der flüssigen Luft. *Ebenda* ***9.*** *S. 24—36. 1907.*
12. Jaeger und v. Steinwehr, Bemerkung zu einer Veröffentlichung der Herren Th. W. Richards, L. J. Henderson und G. S. Forbes über die Elimination von thermischer Nachwirkung u. s. w. in der Kalorimetrie. *Zeitschr. f. physikal. Chem.* ***54.*** *S. 428—432. 1906.*
13. Jaeger und v. Steinwehr, Anwendung des Platinthermometers bei kalorimetrischen Messungen. *Diese Zeitschr.* ***26.*** *S. 237—249. 1906.*
14. Jaeger und v. Steinwehr, Eichung eines Berthelotschen Verbrennungskalorimeters in elektrischen Einheiten mittels des Platinthermometers. *Ann. d. Physik* ***21.*** *S. 23—63. 1906.*
15. Henning, Die Verdampfungswärme des Wassers zwischen 30° und 100° C. *Ebenda* ***21.*** *S. 849—878. 1906.*
16. v. Steinwehr, Über den Einfluß der Korngröße auf das Verhalten des Merkurosulfats in den Normalelementen. Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung der Deutschen Bunsengesellschaft für angewandte physikalische Chemie in Dresden. *Zeitschr. f. Elektrochem.* ***12.*** *S. 578—581. 1906.*
17. Kohlrausch, Über die Wirkung der Becquerelstrahlen auf Wasser. *Ann. d. Physik* ***20.*** *S. 87—95. 1906.*

18. Kohlrausch und Henning, Das Leitvermögen wäßriger Lösungen von Radiumbromid. *Ebenda* **20.** *S. 96—107. 1906.*

19. Warburg und Leithäuser, Über die Darstellung des Ozons aus Sauerstoff und atmosphärischer Luft durch stille Gleichstromentladung aus metallischen Elektroden. *Ebenda* **20.** *S. 734—742. 1906.*

20. Warburg und Leithäuser, Über die Oxydation des Stickstoffs bei der Wirkung der stillen Entladung auf die atmosphärische Luft. *Ebenda* **20.** *S. 743—750. 1906.*

21. Warburg und Leithäuser, Über den Einfluß der Feuchtigkeit und der Temperatur auf die Ozonisierung des Sauerstoffs und der atmosphärischen Luft. *Ebenda* **20.** *S. 751—758. 1906.*

22. Kurlbaum und Jaeger, Rotierender Unterbrecher für Kapazitäts- und andere Messungen. *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 325—329. 1906.*

23. Gehrcke und v. Baeyer, Über die Anwendung der Interferenzpunkte an planparallelen Platten zur Analyse feinster Spektrallinien. *Ann. d. Physik* **20.** *S. 269—292. 1906.*

24. Gehrcke und Reichenheim, Interferenzen planparalleler Platten im kontinuierlichen Spektrum. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **8.** *S. 209—221. 1906.*

25. Gehrcke und v. Baeyer, Über den Zeeman-Effekt in schwachen Magnetfeldern. *Ebenda* **8.** *S. 399—404. 1906; Physikal. Zeitschr.* **7.** *S. 905—907. 1906.*

26. Gehrcke und v. Baeyer, Über die Erzeugung roten Lichts in der Quecksilberlampe. *Elektrotechn. Zeitschr.* **27.** *S. 383—384. 1906.*

27. Gehrcke und Reichenheim, Anodenstrahlen. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **8.** *S. 559—566. 1906.*

Private Veröffentlichungen.

28. Kohlrausch, Über elektrostatische Kapazität und Widerstandskapazität. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **8.** *S. 151—156. 1906.*

29. Thiesen, Über die Reibung von Gasgemischen. *Ebenda* **8.** *S. 235—237. 1906.*

30. Jaeger, Elektrische Normale. *Physikal. Zeitschr.* **7.** *S. 361—366. 1906.*

31. Jaeger, Vergleichende Betrachtungen über die Empfindlichkeit verschiedener Methoden der Widerstandsmessung. *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 69—84. 1906.*

32. Jaeger, Nachtrag dazu. *Ebenda* **26.** *S. 360—362. 1906.*

33. Jaeger, Über das Drehspulengalvanometer. *Ann. d. Physik* **21.** *S. 64—86. 1906.*

34. Jaeger, Über die Empfindlichkeit der Widerstandsthermometer. *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 278—284. 1906.*

35. Jaeger, Werner v. Siemens. Hft. 5 d. Sammlg.: „Männer der Wissenschaft“, herausgegeben von Dr. Julius Ziehen. 52 S. Berlin, W. Weicher 1906.

36. Gehrcke, Die Anwendung der Interferenzen in der Spektroskopie und Metrologie. Bd. 17 d. Sammlg. naturwissenschaftl. u. mathemat. Monographien „Die Wissenschaft“. IX, 160 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1906.

37. Gehrcke, Hypothese über die Entstehung von Kanalstrahlen großer Masse. *Physikal. Zeitschr.* **7.** *S. 181—182. 1906.*

38. Schmidt, Spektrum eines neuen in der Atmosphäre enthaltenen Gases. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **8.** *S. 277—282. 1906.*

39. Koenigsberger und Reichenheim, Über ein Temperaturgesetz der elektrischen Leitfähigkeit fester einheitlicher Substanzen und einige Folgerungen daraus. *Physikal. Zeitschr.* **7.** *S. 570—578. 1906.*

40. Koenigsberger und Reichenheim, Über die Elektrizitätsleitung einiger natürlich kristallisierter Oxyde und Sulfide und des Graphits. Nebst Anhang: Über einige polymorphe Modifikationen. *Neues Jahrb. f. Mineral. 1906* [2]. *S. 20—49.*

Abteilung II.

Amtliche Veröffentlichungen.

41. Kurlbaum und Günther Schulze, Temperatur nicht leuchtender, mit Metallsalzen gefärbter Flammen. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **8.** *S. 239—247. 1906.*
42. Diesselhorst, Zu Maxwells Methode der absoluten Messung von Kapazitäten. *Ann. d. Physik* **19.** *S. 382—394. 1906.*
43. Diesselhorst, Über einen Kompensationsapparat mit kleinem Widerstand. *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 173—184. 1906.*
44. Diesselhorst, Über thermokraftfreie Kompensationsapparate mit kleinem Widerstand. *Ebenda* **26.** *S. 297—305. 1906.*
45. Günther Schulze, Über das Verhalten von Aluminiumanoden. *Ann. d. Physik* **21.** *S. 929—954. 1906.*
46. Gumlich, Regelbare Drosselspule. Magnetische Einrückungsvorrichtung für einen Umdrehungszähler. *Elektrotechn. Zeitschr.* **27.** *S. 719—721. 1906.*
47. Gumlich, Über die Größe der Koerzitivkraft bei stetiger und bei sprungweiser Magnetisierung. *Ebenda* **27.** *S. 988—989. 1906.*
48. Wiebe, Der Temperaturkoeffizient bei Indikatorfedern. *Mitt. üb. Forschungsarbeiten auf d. Gebiet d. Ingenieurwesens Heft 33. S. 31—37. 1906.*
49. Wiebe und Leman, Untersuchungen über die Proportionalität der Schreibzeuge bei Indikatoren. *Ebenda Heft 34. S. 59—68. 1906.*
50. Liebenthal, Photometrische Versuche der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über das Lichtstärkenverhältnis der Hefnerlampe zu der 10-Kerzen-Pentanlampe und der Carcellampe. *Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg.* **49.** *S. 559—561. 1906.*
51. Schönrock, Über die Breite der Spektrallinien nach dem Dopplerschen Prinzip. *Ann. d. Physik* **20.** *S. 995—1016. 1906.*
52. Schönrock, Optischer Schwerpunkt von Lichtquellen in der Polarimetrie. *Zeitschr. d. Vereins d. Deutsch. Zucker-Ind. (Techn. Teil)* **57.** *S. 217—224. 1907.*

Private Veröffentlichungen.

53. Wiebe, Über die Beziehung des Schmelzpunktes zum Ausdehnungskoeffizienten der starren Elemente. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **8.** *S. 91—94. 1906; Ann. d. Physik* **19.** *S. 1076—1078. 1906.*
54. Wiebe, Die amerikanischen Prüfungsbestimmungen für Thermometer. *Deutsch. Mech.-Ztg. 1906. S. 8—11, 18—19, 28—30, 48—50, 67—69, 76—78.*
55. Wiebe, Die Mechanik und die Glasindustrie auf der Mailänder Weltausstellung 1906. *Ebenda 1907. S. 1—4. 13—15. 21—24.*
56. Leman, Über die gleichzeitige Bestimmung der Teilungsfehler zweier Maßstäbe durch die Methode des Durchschiebens. *Wiss. Abh. d. Kais. Norm.-Eich.-Komm.* **6.** *S. 1—75. 1906.*
57. Lindeck, Ausstellung wissenschaftlicher Instrumente auf der Weltausstellung in St. Louis 1904. Amtl. Bericht des Reichskommissars. Berlin 1906.
58. Gumlich, Die Abhängigkeit des Hystereseverlustes von der Wellenform bei legiertem Eisenblech. *Elektrotechn. Zeitschr.* **27.** *S. 235—236. 1906.*
59. Orlich, Aufnahme und Analyse von Wechselstromkurven. Hft. 7 d. „Elektrotechnik in Einzeldarstellungen". VIII, 117 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1906.
60. Schönrock, Zur Abhängigkeit der Breite der Spektrallinien vom Druck. *Ann. d. Physik* **22.** *S. 209—226. 1907.*
61. Rothe, *Sur la transformation de M. Darboux et l'équation fondamentale des surfaces isothermiques. Compt. rend.* **143.** *S. 543—546. 1906.*
62. Rothe, *Sur les surfaces isothermiques. Ebenda* **143.** *S. 578—581. 1906.*

63. Schering, Der Elster-Geitelsche Zerstreuungsapparat und ein Versuch quantitativer absoluter Zerstreuungsmessung. *Ann. d. Physik* **20.** *S. 174—195. 1906.*

64. Lindemann, Über lichtelektrische Photometrie und über die Natur der lichtelektrisch wirksamen Strahlung des Kohlenbogens. *Ebenda* **19.** *S. 807—840. 1906.*

65. Grimm, Eine energetische Darstellung des Brechungsquotienten. *Ann. d. Naturphil. 1905. S. 226—232.*

---

66. An der Bearbeitung der 7. Auflage des „Hülfsbuches für Elektrotechnik", herausgegeben von K. Strecker (Berlin, Julius Springer 1907), beteiligten sich folgende Beamte der Reichsanstalt: Gumlich, Jaeger, Orlich, v. Steinwehr.

Referate.

Die Patent-Kippregel Láska-Rost.

Von W. Láska. *Österr. Zeitschr. f. Vermess.* **5.** *Nr. 3 u. 4. 1907.*

Die Konstruktion dieser Kippregel ist in allen wesentlichen Teilen dieselbe wie die des Tachymetertheodolits, den Láska in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 225. 1905* beschrieben hat; es ist am Schluß des genannten Aufsatzes auch bereits auf die Kippregel hingewiesen, die allerdings nur zur unmittelbaren Zeichnung des Lageplans, nicht auch zur Bestimmung der Höhenunterschiede eingerichtet ist. Es ist ferner *a. a. O.* schon angegeben, daß man, um die Möglichkeit der Aufnahme mit der Kippregel *in verschiedenen Maßstäben* zu erhalten, nur die Entfernung der Anschlagschrauben (die „Kippdistanz") veränderlich einstellbar zu machen braucht.

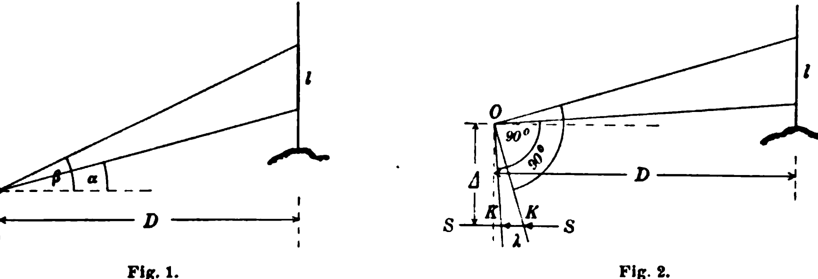


Fig. 1. Fig. 2.

Das Prinzip der Entfernungsmessung bei diesem Tachymeter ist (wie bei Eckhold u. A.) folgendes: Sind (Fig. 1) α und β die Höhenwinkel zweier Zielungen des Fernrohrs nach der in der Horizontaldistanz D aufgestellten Latte, und ist l der Abstand der zwei Lattenzielpunkte, so ist

$$D = \frac{l}{\operatorname{tg}\beta - \operatorname{tg}\alpha} \qquad 1)$$

oder, mit $\operatorname{tg}\beta - \operatorname{tg}\alpha = 1/n$,

$$D = n \cdot l. \qquad 2)$$

An der Kippachse des Fernrohrs ist nun ein Hebel senkrecht zur Fernrohrziellinie angebracht, dessen dem Objektiv zugewandte Kante genau durch die Kippachse geht. Jede Bewegung dieses Hebels bewirkt ein bestimmtes Kippen des Fernrohrs. In der konstanten Entfernung Δ von der Kippachse liegt die horizontale Schiene SS (Fig. 2), auf der ein Schieber beweglich ist und festgeklemmt werden kann. Eine an dem Schieber befestigte Tangentenkippschraube wirkt mit einer Stahlschneide auf den Fernrohrhebel K. Haben die zwei Stellungen der am Hebel K anschlagenden Schneide den Abstand λ voneinander, so ist

$$D = \frac{\Delta}{\lambda} \cdot l, \qquad 3)$$

und man kann, wie schon angedeutet, der Konstanten $n = \Delta/\lambda$ dadurch jeden beliebigen Wert geben, daß die Kippstrecke λ veränderlich gemacht wird. Ist die Kippregellinealkante mit Millimeterteilung versehen, so erhält man mit $n = 100$ durch einfaches Auftragen der Lattenablesungsdifferenz vor und nach der Kippung den Lageplan im Maßstab 1 : 1000; soll aber z. B. (Österreich) der Maßstab 1 : 1440 gewählt werden, so ist

$$n = 100 \cdot \frac{1000}{1440} = 69{,}44$$

zu machen u. s. f.

Auf der horizontalen Schiene ist ein Schieber mit Hülfe der Triebschraube T (Fig. 3) verstellbar und mit Hülfe der Schraube S klemmbar. Die „Kippschraube" auf diesem Schieber besteht aus drei Teilen: dem Prisma (Anschlagkante) P, dem Hebeltrieb H, mit dem das Prisma verschoben werden kann, und der Anschlagschraube R, die mit geteilter Trommel versehen ist und durch die λ reguliert wird. Der gewünschte Maßstab der Aufnahme ist einfach an dem Trommelkopf R einzustellen.

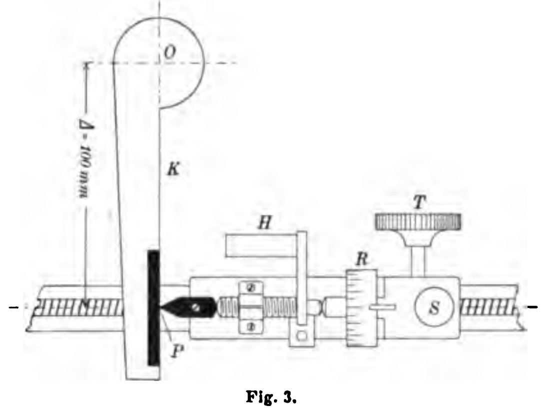


Fig. 3.

Die Linealkantenteilung, an der die Horizontaldistanz auf der Meßtischplatte abzusetzen ist (*mm* mit $^1/_{10}$ *mm*-Nonius) ist nicht fest, sondern auf einem Parallellineal beweglich angeordnet, wodurch eine Pikiernadel entbehrlich und somit die Zeichnung geschont und die Arbeitsleistung gesteigert wird. Diese Einrichtung wird vom Verf. noch näher beschrieben.

Unbequem ist und bleibt bei allen derartigen Tachymeterkonstruktionen die *zweimalige* Zielung nach der Latte, vor und nach einer Bewegung (Kippung) am Instrument, im Vergleich mit dem Vorgang beim Faden-Distanzmesser, wo das Bild des Lattenstücks bei Einstellung und Ablesung unverändert im Gesichtsfeld des Fernrohrs bleibt.

Die im vorstehenden kurz beschriebene Láskasche Kippregel für Lageplanaufnahmen in beliebigem Maßstab von 1 : 1000 an wird von R. & A. Rost (Wien, Märzgasse 7) gebaut; der Preis beträgt 500 Kr.

Hammer.

Über das Ausmessen von Registrierballon-Diagrammen.

Von K. v. Bassus. *Beiträge z. Physik d. freien Atmosph.* **2.** *S. 73. 1906.*

Der Apparat, der in der beschriebenen Ausführung dem Baro-Thermo-Hygrograph von Hergesell und Bosch angepaßt ist, der aber natürlich auch für andere Registrierinstrumente eingerichtet werden könnte, soll das Ausmessen der Diagramme mit einer der Genauigkeit der Registrierung entsprechenden Schärfe erleichtern und beschleunigen. Die Hauptschwierigkeit liegt dabei in der Aufgabe, mit hinreichender Genauigkeit die zeitliche Zusammengehörigkeit der Punkte der verschiedenen Kurven (4 oder bei zwei Thermometern 5, mit Einschluß der Basislinie) festzustellen. Bei den üblichen Abmessungen der Apparate und nach den aus den Erfahrungen bei den Aufstiegen hervorgehenden Änderungsgeschwindigkeiten der Elemente ergibt sich mit Rücksicht auf die sachlich bedingten und bei der Registrierung selbst erfüllten Ansprüche an die Genauigkeit der Ergebnisse, daß der Einstellungsfehler der Zeitabszisse $\pm$ 0,06 *mm* nicht überschreiten darf, ja daß unter Umständen selbst diese Schärfe noch nicht ausreicht.

Diese Anforderungen verlangen neben einer sorgfältigen Ausführung vor allem die Vermeidung systematischer Fehler und die Möglichkeit einer einfachen, exakten Justierung, d. h. der Einstellung des Meßapparats auf den jeweiligen Zustand des Registrierapparats, von dem das Diagramm herrührt. Es wird dies dadurch erreicht, daß der erste der beiden

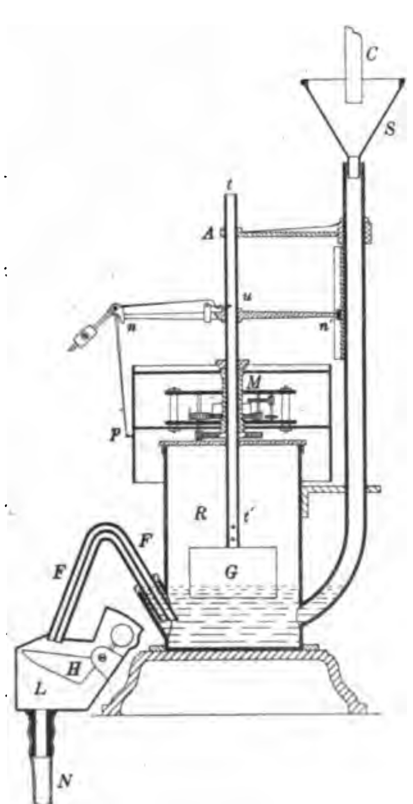
Apparate dem zweiten ganz ähnlich gebaut ist, abgesehen davon, daß bei jenem das Diagramm auf einer Ebene statt wie bei diesem auf einem Zylinder ausgebreitet ist. Der hieraus entspringende systematische Fehler bleibt indessen auch im höchsten Falle unter der Grenze der Wahrnehmbarkeit.

Demgemäß besteht der Apparat im wesentlichen aus einer Spiegelglasscheibe mit Millimeterteilung in der Ordinatenrichtung, die in einen Messingrahmen gefaßt ist, der längs eines Führungslineals mit Teilung in der Abszissenrichtung verschoben werden kann, und der an einer der dazu senkrechten Seiten die Drehpunkte der Zeiger für die Basislinie und die einzelnen Kurven trägt. Die Zapfenlager dieser Zeiger sind längs eines Schlitzes im Rahmen verstellbar, sodaß sie in dieselbe gegenseitige Lage wie bei dem Registrierapparat gebracht werden können. In ähnlicher Weise läßt sich jeder Zeiger dadurch, daß man ihn auf dem Zapfen verschiebt, auf die Länge des entsprechenden registrierenden Hebelarms bringen. Jeder Zeiger trägt am Ende ein Diopter mit einem feinen Querfaden.

Zur schnellen Ausmessung beliebig vieler Punkte eines Diagramms genügt es nun offenbar, dieses zur Führungsschiene, die dazu etwas verschiebbar eingerichtet ist, in die richtige Lage zu bringen und den Rahmen, der einen gleichfalls justierbaren Index trägt, auf den Zeitpunkt einzustellen, für den man die Werte der registrierten Elemente wissen will. Dreht man dann jeden Zeiger so, daß sein Diopterfaden die zugehörige Kurve schneidet, so gibt die auf der Glasskale abgelesene Ordinate des Schnittpunktes die dem eingestellten Augenblick entsprechende Ablesung des betreffenden Elements. *Ad. Schmidt.*

Über einen neuen registrierenden Regenmesser.

Von L. Palazzo. *Rivista Meteorico Agraria* **26.** *Sonderabdruck. 8 S. m. 2 Fig. Rom 1906.*



Der am *R. Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica* eingeführte Apparat beruht auf dem bekannten Prinzip, die Regenhöhe durch einen Schwimmer anzuzeigen und das Wasser bei Erreichen eines bestimmten Standes abhebern zu lassen. Am meisten ähnelt er dem Hellmannschen Ombrographen[1]), jedoch zeigt er einige bemerkenswerte Abänderungen, die zum Teil durch die größeren Dimensionen (Durchmesser der Auffangfläche 357 *mm* gegen 159,6 *mm* in Deutschland, also mehr als fünfmal größere Auffangfläche) notwendig wurden.

Die Einzelheiten der Konstruktion sind aus beistehender Figur leicht ersichtlich. Der Regen fließt durch *C* in den Trichter *S* und von dort in den Rezipienten *R* mit dem Schwimmer *G*. Der hohle Stiel von *G* geht durch den obern Deckel des Rezipienten, dann durch die Achse des Uhrwerks *M* bis zu einer festen Führung bei *A*; an dem Stiel ist ein Horizontalbalken *n n'* befestigt, dessen eines Ende die Schreibfeder *p* trägt. Bei einer Regenmenge von 1 *l*, entsprechend 10 *mm* Niederschlagshöhe, wird das Wasser durch den aus zwei 6 *mm* weiten Röhrchen bestehenden Heber *F* beseitigt.

Das Abhebern bereitete anfangs Schwierigkeiten, da es nicht immer gleichmäßig durch beide Röhren erfolgte und dann zu viel Zeit beanspruchte. Es wurde deshalb das Gefäß *L* eingeschaltet, in dem sich die kleine Wippe *H* befindet. Sobald ein wenig Wasser nach *L* übergetreten ist, kippt *H* um und gießt ihren Inhalt schnell in das Abflußrohr *N*.

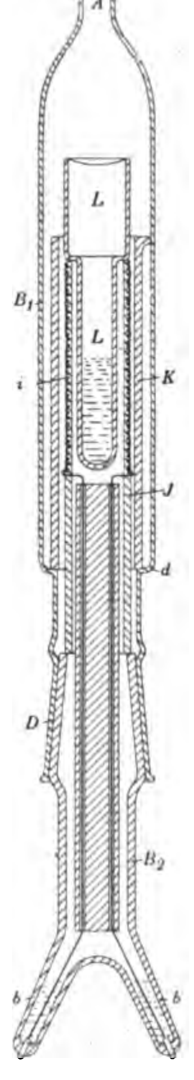
[1]) *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 284. 1897.*

Das energische Ausfließen bewirkt ein Ansaugen des Wassers durch *F*, und es wird nun 1 *l* Wasser in 10 bis 12 Sekunden sicher entfernt. Eine weitere Neuerung besteht darin, daß die Registrierung während des Abheberns aussetzt. Zu dem Zwecke hat der hohle, oben offene Stiel des Schwimmers *G* bei *u* eine leichte Klappe und unten bei *t'* einige seitliche Löcher; wenn sich der Rezipient entleert, wird Luft durch *tt'* angesaugt, die Klappe *u* wird nach unten gedrückt und dabei die Schreibfeder vom Papier der Registriertrommel abgehoben.

Durch die Anordnung des Uhrwerks über dem Rezipienten *R* kann die Registriertrommel verhältnismäßig große Dimensionen erhalten (18,5 *cm* Durchmesser), sodaß bei wöchentlich einmaligem Umlauf das Stundenintervall 3,5 *mm* lang ist. Der Apparat wird von L. Fascianelli in Rom zum Preise von 160 M. (mit Auffanggefäß und Zubehörteilen 180 M.) angefertigt. *Sg.*

Kalzium als Absorptionsmittel von Gasen zur Herstellung hoher Vakua; spektroskopische Untersuchungen.

Von F. Soddy. *Proc. Roy. Soc. (A)* **78.** *S. 429. 1906; Chem. News* **95.** *S. 13, 25, 42, 51. 1907.*



In der vorliegenden Veröffentlichung teilt der Verf. die Resultate einer eingehenden, erfolgreichen Untersuchung über die Absorptionsfähigkeit mit, die Kalzium bei Erwärmung gegenüber mehratomigen Gasen besitzt. Die Arbeit liefert zugleich einen wertvollen Beitrag zur Kenntnis der Eigenschaften einatomiger Gase und macht dabei auf einen Fehler aufmerksam, der bei Beurteilung der Güte eines Vakuums aus dem Bild der elektrischen Entladung begangen wird.

Kalzium beginnt beim Erhitzen etwa 100° unterhalb der Schmelztemperatur sehr stark zu verdampfen, wie schon Arndt (1904) zeigte, der die Schmelztemperatur zu 800° bestimmte. Bei dieser Verdampfung tritt eine sehr lebhafte Absorption des Stickstoffs und des Sauerstoffs der Luft und, wie der Verf. nachweist, auch anderer mehratomiger Gase ein, während die Argongruppe und auch Quecksilber nicht absorbiert werden. Zur Untersuchung diente der nebenstehend abgebildete Apparat (½ nat. Gr.), der einen das Kalzium enthaltenden, elektrisch geheizten Ofen, in einen Glasmantel eingeschlossen, darstellt, sodaß der Apparat an der Stelle *A* luftdicht an andere Glasteile angeschlossen werden kann, in denen sich die auf ihre Absorbierbarkeit zu prüfenden Gase befinden. Der Glasmantel besteht aus zwei Teilen B_1 und B_2, die mittels eines Schliffes *D* luftdicht aneinander gesetzt werden können. Auf der Erweiterung *d* der oberen Hälfte sitzt das Porzellanrohr *K*, welches zum Schutz der äußeren Glashülle gegen die Wärme des im Innern befindlichen Platinwiderstandsofens *i* dient. Dieser kann von unten vor dem Zusammensetzen der beiden Glashälften eingeschoben werden und wird von der Innenwand des Schliffes gehalten. Die beiden Nickelzuleitungen zu der Platinheizspirale sind durch die doppelte Bohrung eines Porzellanstückes *J* geführt und tauchen unten in zwei voneinander getrennte, mit Quecksilber gefüllte Glasansätze *b b*, die von Platindrähten durchsetzt sind. Das oben erweiterte Porzellanrohr *L* wird vom Ofenrohr getragen und dient zur Aufnahme des Kalziums. Zur Vermeidung des Quecksilbers in den Ansätzen *b b*, das zu einem Lichtbogen unter Umständen Veranlassung geben kann, benutzt der Verf. an Stelle der Nickelzuleitungen auch Kupferlitzen, die durch einfachen Druck gegen die eingeschmolzenen Platindrähte mit diesen in genügend leitende Verbindung gebracht werden können.

Da nur der Dampf des Kalziums eine absorbierende Wirkung auf die Gase ausübt, so ist es von Vorteil, den Apparat vor und bei dem ersten Anheizen mittels einer gewöhn-

lichen Luftpumpe auf einen Druck von einigen Millimeter Quecksilber zu bringen. Bei weiterem Erhitzen auf dunkle Rotglut beginnt das Kalzium seine außerordentlich lebhafte Absorptionstätigkeit und stellt in dem Gefäß in etwa 1 Minute ein Vakuum her, durch welches keine elektrische Entladung mehr hindurchgeht, wenn der Entladungsstrecke eine Funkenstrecke in der Luft von 2 bis 3 *cm* parallel geschaltet ist. Man kann nun nach Abschluß der Pumpe fortgesetzt kleine Quantitäten (10 bis 20 *ccm*) in den Apparat einlassen, die stets in kürzester Zeit von dem Kalziumdampf absorbiert werden; und zwar übt das Kalzium auf jedes Gas diese Wirkung aus, abgesehen von den Gasen der Argongruppe und Quecksilber, welches, falls es vorher mit dem festen Kalzium verbunden war, beim Verdampfen frei wird.

Besondere Aufmerksamkeit erfordert allerdings der Absorptionsapparat, wenn Wasserstoff zugegen ist. Kalziumhydrid besitzt nämlich eine bei etwa 800° schon sehr merkbare Dissoziationsspannung, sodaß bei weiterem Erhitzen mehr und mehr Wasserstoff frei wird. Um auch den freien Wasserstoff vollständig zu entfernen, darf man daher die Temperatur nicht zu hoch werden lassen und muß eventuell die schon erreichte Temperatur etwas herabsetzen; dann läßt sich auch bei diesem Gas ein die elektrische Entladung nicht mehr hindurchlassendes Vakuum erzielen.

Barium und Strontium zeigen ein ähnliches Verhalten, konnten aber wegen der großen Schwierigkeit, es in größeren Mengen rein darzustellen, nicht so eingehend untersucht werden.

Überraschend war es nun, daß sich mit Benutzung des verdampfenden Kalziums auch dann ein Vakuum erzielen ließ, welches die elektrische Entladung nicht mehr hindurchläßt, wenn der Apparat mit atmosphärischer Luft beschickt wurde. Da, wie vorher nachgewiesen wurde, Argon nicht absorbiert wird, war zu erwarten, daß schon nach Einlassen von geringen Mengen atmosphärischer Luft bald genügend Argon im Gefäß sich ansammeln würde, um die elektrische Entladung dauernd in dem angeschlossenen Spektralrohr zu ermöglichen, zumal das Spektrum des Argons so lange deutlich beobachtet werden konnte, solange noch Spuren von Stickstoff oder Wasserstoff oder eines anderen Gases unabsorbiert geblieben waren. Eine nähere Untersuchung dieses Verhaltens führte zu dem sicheren Resultat, daß die Gase der Argongruppe dem Durchgang der elektrischen Entladung einen sehr viel höheren Widerstand entgegensetzen als die mehratomigen Gase, und als bisher angenommen worden ist. Ganz geringe Beimengung von mehratomigen Gasen, die spektralanalytisch kaum festgestellt werden können, erleichtern den Durchgang der Entladung, deren Träger dann hauptsächlich die einatomigen Gase sind. Da nun diese Spuren beigemengter Gase durch die erhitzten Elektroden in der Regel in Spektralröhren schnell absorbiert werden, wird ein mit Argon oder Helium gefülltes Spektralrohr bald unbrauchbar, wenn es nicht das Edelgas selbst unter verhältnismäßig hohem Druck enthält. So geht durch ein Rohr, welches reines Argon bei $^1/_{50}$ *mm* oder reines Helium bei $^1/_{20}$ *mm* Quecksilberdruck enthält, die elektrische Entladung nicht mehr hindurch. Will man also z. B. sehr geringe Spuren von Helium nachweisen, wie das in letzter Zeit bei Untersuchung radioaktiver Stoffe häufig versucht worden ist, so muß man es vermeiden, jede Spur eines mehratomigen Gases aus dem Untersuchungsrohr zu entfernen. Verwendet man Kalziumdampf zur Absorption, so ist es notwendig, um den Nachweis von Helium führen zu können, nach Abschluß des Absorptionsgefäßes eine geringe Spur eines andern Gases einzuführen, um die Entladung zu ermöglichen. Statt dessen kann man aber auch mittels Verdrängung durch Quecksilber die Gasrückstände aus dem ganzen Absorptionsapparat in das Spektralrohr drücken; die sich dabei ansammelnde Spur anderer Gase genügt, die Entladung zu vermitteln. Der Partialdruck von Helium zum spektralanalytischen Nachweis braucht nur der hundertste Teil des Druckes zu sein, unter welchem reines Helium stehen muß, wenn die elektrische Entladung noch hindurchgehen soll. Eine Reihe experimenteller Beispiele dienen zur Bestätigung dieser Angaben.

Die ganze Untersuchung wirft aber weiter ein Licht auf die Richtigkeit der Bestimmung eines Vakuums aus dem Anblick der elektrischen Entladung. Die Natur des

Gases spielt eine Hauptrolle bei dieser Erscheinung, und es wird verständlich, warum es scheinbar so viel mehr Schwierigkeiten macht, mit Hülfe der Quecksilberpumpe Wasserstoff aus einem Gefäß zu entfernen, als Argon oder Helium, wenn man als Kriterium des erreichten Vakuums die elektrische Entladung heranzieht, da Wasserstoff dieselbe besonders gut leitet.

In Übereinstimmung hiermit stehen einige Beobachtungen von A. J. Berry, die als Anhang (Resultate der Prüfung hoher Vakua mit Hülfe einer Verdampfungsmethode) der vorliegenden Arbeit beigefügt worden sind. Er untersucht die Güte des Vakuums, das er auf drei verschiedene Weisen in dem Mantel eines Dewarschen Gefäßes hergestellt hat, dadurch, daß er die Zeit bestimmt, in welcher bei derselben äußeren Temperatur (von schmelzendem Eis) ein gewisses Quantum in dem Gefäß befindlicher flüssiger Luft verdampft. Das 1. Mal evakuiert er mit einer Töpler-Pumpe, das 2. Mal unter Benutzung der Dewarschen Methode durch Kohle, und zuletzt wendet er nacheinander beide Mittel an, läßt also die Kohle erst wirken, nachdem er durch die Töpler-Pumpe schon ein hohes Vakuum hergestellt hat. Jedesmal wurde das Evakuieren lange Zeit fortgesetzt, jedenfalls so lange, daß eine elektrische Entladung nicht mehr das Vakuum in einer angeschlossenen Spektralröhre durchschlug. In den beiden ersten Fällen verdampfte dasselbe Quantum in nahezu gleicher Zeit aus dem Dewarschen Gefäß, in dem 3. Falle dagegen wesentlich langsamer, nämlich in 144 Stunden gegenüber 96 Stunden in den beiden ersten Fällen. Im zweiten Falle fand eine nur um weniges schnellere Verdampfung als im ersten Fall statt. Man erkennt aus diesen Beobachtungen, daß aus dem Anblick der elektrischen Entladung allein nicht mit Sicherheit auf die Güte des Vakuums geschlossen werden kann.

Um die Absorptionsfähigkeit von Kalzium zur Herstellung eines hohen Vakuums zu benutzen, muß man — wie nun aus dem Obigen unmittelbar hervorgeht — den zu evakuierenden Apparat zunächst von atmosphärischer Luft wegen ihres Gehaltes an Edelgasen befreien, entweder, indem man dieselbe durch Sauerstoff vertreibt, oder durch die beim ersten Erhitzen des Kalziums in großer Menge entweichenden Gase, und muß auch später stets den Zutritt von atmosphärischer Luft vermeiden.

Es sei endlich erwähnt, daß zur Erwärmung des Kalziums auf elektrischem Wege noch eine zweite Methode, die auf elektromagnetischer Induktion beruht, beschrieben ist. Soddy setzt z. B. in den oben abgebildeten Glasmantel an Stelle des Widerstandsofens einen Ring aus Kalzium, welcher ein Bündel Eisendrähte umschließt. Den Glasmantel umgibt er mit wenigen starken Drahtwindungen, durch welche Wechselstrom hindurchgeschickt wird. Durch die im Kalzium induzierten Ströme wird eine Erwärmung bis zur Verdampfung des Kalziums hervorgerufen. *S. V.*

Neu erschienene Bücher.

S. Riefler, Präzisions-Pendeluhren und Zeitdienstanlagen für Sternwarten. gr. 8°. 72 S. m. Fig. u. Taf. München, Th. Ackermann 1907.

In der mit zahlreichen Figuren und Tafeln versehenen, elegant ausgestatteten Schrift gibt der Verf. eine zusammenhängende Beschreibung der von ihm gefertigten astronomischen Uhren und ihrer Verwendung.

Nicht von Anfang an sind diese Uhren von ihrem Verfertiger so hergestellt worden, wie es jetzt der Fall ist; im Laufe der Zeit wurde eine Verbesserung der anderen hinzugefügt.

Der wichtigste und interessanteste Teil, durch welchen sich die Rieflerschen Uhren auszeichnen, ist ihre Hemmung, die von ihrem Erfinder in *dieser Zeitschr.* ***14.*** *S. 346. 1894* eingehend beschrieben worden ist, sodaß hier nur noch einmal daran erinnert werden möge, daß stets, wenn das Pendel sich in seiner tiefsten Lage befindet, durch eine vom Räderwerk bewirkte Drehung des Ankers die Pendelfeder eine kleine Biegung erhält und dadurch dem

Pendel einen neuen Antrieb erteilt. Die Hauptvorzüge dieser Hemmung sind, daß das Pendel vollkommen frei, vom Uhrwerk unabhängig schwingt, und daß der Gang der Uhr von der Stärke des Antriebes, weil dieser auf das Pendel in seiner Mittellage wirkt, nahezu unabhängig ist. Dazu kommen noch mehrere Vorzüge von geringerer theoretischer Wichtigkeit, die für die Praxis aber oft recht willkommen sind. So verhindert der Umstand, daß der Ergänzungsbogen des Pendels etwa fünfmal so groß ist wie sein Hebungsbogen, ein Stillstehen der Uhr bei Erschütterungen, was man in erdbebenreichen Gegenden wohl zu würdigen weiß. Da ferner der Antrieb nicht von dem starren Pendelstab, sondern von der elastischen Feder aufgenommen wird, so erfolgt er auch stoßfrei.

Als die Rieflerschen Uhren durch die Vorzüglichkeit ihrer Hemmung in den Interessentenkreisen bereits sich einen guten Ruf erworben und einige, bei welchen genauere Gangunterauchungen vorgenommen worden waren, einen bewundernswerten Gang gezeigt hatten, wurde von Ch. Ed. Guillaume die außerordentlich wichtige Entdeckung gemacht, daß eine Legierung von 35,7 % Nickel und 64,3 % Eisen einen äußerst geringen Ausdehnungskoeffizienten besitzt. Den großen Vorteil, welchen diese Entdeckung für Pendeluhren haben konnte, ließ sich Verf. nicht entgehen, und so verwandte er fortan Stäbe aus Nickelstahl, statt der bisherigen, bis zu $^2/_3$ ihrer Länge mit Quecksilber gefüllten stählernen Mannesmann-Röhren, zu seinen Uhrpendeln. Allerdings sah Verf. sich genötigt, die vom Hüttenwerk kommenden Nickelstahlstäbe erst noch einer Temperung zu unterwerfen, indem er sie in einem Kühlofen im Laufe mehrerer Wochen von einer Temperatur von 180° unter häufiger Erschütterung auf gewöhnliche Temperatur bringt (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **22.** *S. 196. 1902*).

Eine weitere Verbesserung betraf die Beseitigung des Einflusses des veränderlichen Luftdruckes. Am erfolgreichsten wird dieser Einfluß bekämpft, wenn man die Uhr unter luftdichten Verschluß bringt. Bei den Rieflerschen Uhren mit luftdichtem Verschluß besteht die Wandung aus einem Glaszylinder, aus welchem durch einen in die Bodenplatte eingesetzten Hahn mittels einer Luftpumpe die Luft zum Teil herausgepumpt wird.

Den nicht unter konstantem Luftdruck schwingenden Pendeln gibt Verf. auf Wunsch eine Luftdruckkompensation bei, die im wesentlichen aus einem Dosenaneroid mit oben aufliegendem Gewichte besteht. Bei zunehmendem Luftdruck werden die Aneroiddosen etwas zusammengedrückt, und das Gewicht nimmt daher eine tiefere Lage ein, wodurch dem Pendel eine Beschleunigung erteilt wird, welche die durch die Luftverdichtung bewirkte Verzögerung kompensiert.

Interessant sind die Versuche, welche Verf. mit verschieden gestalteten Pendellinsen angestellt hat. Wird unter der Luftdruckkonstanten eines Pendels der in Sekunden ausgedrückte Betrag verstanden, um welchen die Uhr täglich zurückbleibt, wenn der Luftdruck um 1 *mm* steigt, so ergaben sich die Werte der Luftdruckkonstanten 0,012; 0,014; 0,016; 0,018 Sek., je nachdem das Pendel einen doppelkegelförmigen Linsenkörper, also einen solchen von der üblichen Form hatte oder bei gleicher Gestalt des Linsenkörpers noch ein Aneroid trug oder einen kugelförmigen oder endlich einen zylindrischen Linsenkörper besaß. Die Kugelform wurde bei den Versuchen dem Pendelgewicht nur aus theoretisch-wissenschaftlichem Interesse erteilt, in der Praxis findet sie keine Anwendung. Die zylindrische Gestalt des Pendelgewichtes erhalten die im luftdichten Verschluß befindlichen Pendel, bei denen die große Luftdruckkonstante 0,018 Sek. keine Rolle spielt, bei denen aber andererseits der enge Raum des Glaszylinders die Einführung eines Pendels mit doppelkegelförmiger Linse durch den Werkständer hindurch nicht gestatten würde. Bei den Pendeln mit Luftdruckkompensation ist also durch das Aneroid mit dem daraufliegenden Gewicht die Luftdruckkonstante 0,014 Sek. zu kompensieren.

Auch den elektrischen Aufzug hat Verf. häufig, in neuester Zeit sogar stets bei seinen Uhren angebracht. Als Vorteile bezeichnet er den wesentlich gleichmäßigeren Pendelantrieb, weil die Kraftübertragung hier nicht durch so große Räderübersetzungen schädlich beeinflußt werde, und ferner die Vermeidung von Erschütterungen, die mit dem Aufziehen des

Gewichtes verbunden zu sein pflegen. Statt eines Zuggewichtes von $1^1/_2$ bis 2 *kg* wird beim elektrischen Aufzug nur ein etwa 10 *g* schwerer Hebel benötigt, dessen freies Ende durch einen vom Anker eines Elektromagneten etwa alle halbe Minuten auf ihn ausgeübten Stoß etwas in die Höhe geschleudert wird und durch sein Gewicht die Drehung eines Rades bewirkt. Die Kraftübertragung von diesem Hebel bis zum Gangrad ist eine $7^1/_2$-fache gegenüber der 900-fachen des gewöhnlichen Aufzugs.

In einem weiteren Kapitel behandelt Verf. den elektrischen Sekundenkontakt und die Synchronisation von Nebenuhren. In der Regel bringt Verf. den Kontakt am Räderwerk der Uhr und nicht am Pendel an, um nicht dessen Gang dadurch zu beeinflussen. Beim Einsekundenkontakt hat das Kontaktrad 60, bei dem Zweisekundenkontakt 30 Zähne; jedoch ist, um den Beginn der Minute anzuzeigen, einer jener 60 bezw. 30 Zähne herausgenommen. Die, abgesehen von der Sekunde 0, jede Sekunde erfolgende Unterbrechung des Stromes dauert nur wenige hundertstel Sekunden, der Kontakt arbeitet also mit Ruhestrom.

Da eine nicht ganz exakte Ausführung des Unterbrecherrades, wie wir in diesem Falle statt Kontaktrades besser sagen, sowie des Steigrades ungleiche Sekundenintervalle auf dem Papierstreifen oder Papierbogen des Chronographen hervorruft, so wird für Zwecke, wo eine solche bis zu einigen Hundertstel der Sekunde betragende Ungleichheit vermieden werden soll, z. B. für Schwerebestimmungen nach der v. Sterneckschen Methode, die Unterbrechungsvorrichtung am Pendel selbst angebracht. Es wird dann, wenn letzteres durch die Mittellage schwingt, durch einen mit ihm verbundenen Stift ein Hebel etwas gehoben und dadurch der Strom unterbrochen. Die Überlegenheit des Pendelunterbrechers über den Radunterbrecher ist durch die von Hrn. Wanach im Geodätischen Institut zu Potsdam angestellten und von ihm in den *Astronom. Nachr.* ***172.*** *S. 145. 1906* mitgeteilten Versuche nachgewiesen.

Die Synchronisation selbständiger, bis auf einen täglichen Gang von wenigen Sekunden regulierter Uhren erfolgt bei den vom Verf. eingerichteten Uhrenanlagen in der Weise, daß ein seitlich stehender Elektromagnet, so oft das Pendel der zu synchronisierenden Uhr auf ihn zu schwingt, also jede zweite Sekunde, einen am Pendel befestigten Anker anzieht. Ein Voreilen wird hierbei, wie Verf. gefunden hat, leichter überwunden, als ein Zurückbleiben. Die Schwingungsphasen des Pendels der Hauptuhr und des Pendels der synchronisierten Uhr sind nicht die nämlichen; bei letzterem Pendel findet der Abfall einige zehntel Sekunden später statt, als bei ersterem.

Um eine nicht-synchronisierte Uhr, welche einen etwas fehlerhaften Stand erhalten hat, wieder auf richtigen Stand zu bringen, was namentlich bei öffentlich aufgestellten Uhren nötig ist, pflegt man ihr durch Auflage oder Wegnahme von Zusatzgewichten vom Teller des Pendels einen rascheren oder langsameren Gang zu erteilen, bis der Fehler beseitigt ist. Bei einer im luftdichten Glasgehäuse befindlichen Uhr wird man durch Heraus- oder Hineinpumpen von Luft den Gang für einige Zeit beschleunigen oder verzögern. Verf. hat, um von seinem Laboratorium aus auf große Entfernungen eine Regulierung eintreten lassen zu können, die Einrichtung getroffen, daß von zwei mit seidenen Fäden an den Ankern zweier Elektromagnete hängenden Gewichtchen von je 2 *g* das eine für gewöhnlich auf dem Tellerchen des Pendels steht, während das andere darüber hängt. Soll die Uhr vorgestellt werden, so wird durch Schluß eines Stromes der über dem einen Elektromagneten befindliche Anker angezogen und dadurch das zweite Gewichtchen auch auf den Teller gesetzt, sodaß die Uhr jetzt täglich um 0,1 Sek. voreilt. Soll sie zurückgestellt werden, so wird durch Schluß eines anderen Stromkreises auch das erste Gewichtchen vom Teller abgehoben und die Uhr so für einige Zeit in ihrem Gang verlangsamt (vgl. den Aufsatz des Verf. über die elektrische Ferneinstellung von Uhren in *dieser Zeitschr.* ***26.*** *S. 107. 1906*).

Ein zweiter, kürzerer Teil des Buches behandelt auf 24 Seiten Zeitdienstanlagen für Sternwarten. Wir dürfen ihn hier übergehen, da in dem Referat über das Rieflersche „Projekt einer Uhrenanlage für die Kgl. Belgische Sternwarte zu Uccle“ in *dieser Zeitschr.* ***25.*** *S. 17. 1905* das Wesentlichste bereits zur Sprache gekommen ist.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß die Schrift auch manche interessante Bemerkung allgemeinerer Natur, z. B. über den Einfluß der mikroseismischen Bodenerschütterungen auf den Uhrgang und gar manchen nützlichen Wink für die Behandlung der Uhren enthält. *Kn.*

Tafeln zur Berechnung von Höhenunterschieden aus Horizontaldistanz und Höhenwinkel in Zentesimal- u. Sexagesimal-Teilung. Nebst Hülfstafeln u. Anleitung. Hrsg. vom Eidgenöss. Departement des Innern. gr. 8°. XXX, 105 S. Brugg 1905. Bern, H. Körber. Geb. in Leinw. 5 M.

Die Schweizerische Abteilung für Landestopographie bietet hier ein Rechenhülfsmittel, das für die trigonometrische Höhenbestimmung dasselbe leisten soll, wie die Koordinatentafeln („*Traverse tables*" der Engländer) für Zugmessung und einen Teil der Kleintriangulierung in der Lagemessung. Als Hauptargument für die Haupttafeln (Tangententafeln) konnte natürlich nur der Höhenwinkel gewählt werden, sodaß man *zusammensetzen* muß, wie in andern ähnlichen Tafeln, z. B. denen des Ref. (Stuttgart 1895): es ist 10·, 20·, ... $90 \cdot \mathrm{tg}\,\alpha$ angeschrieben, je auf 1 *mm* genau (wegen der Verzehnfachung). Dabei geht die Tafel I (neue Teilung) bis 50^g und zwar bis 10^g mit dem Intervall 1', von dort an 2', die zweite Haupttafel (IV, am Schluß) ebenso für alte Teilung bis 10° mit dem Intervall 1', von da an bis 45° mit dem Intervall 2'. Beigegeben sind ferner ausführliche Tafeln für Erdkrümmung und Refraktion (für $\log r = 6{,}80474$ und den mittleren Refraktionskoeffizienten 0,13) und einige weitere Hülfstafeln; ferner hat der Bearbeiter, Ing. H. Wild, Notizen über die trigonometrische Höhenberechnungsformel und über die Bestimmung der Konstanten des Fadendistanzmessers hinzugefügt. Die Tafeln werden vielfach von Nutzen sein. *Hammer.*

J. Sommer, Vorlesungen üb. Zahlentheorie. Einführung in die Theorie der algebraischen Zahlkörper. gr. 8°. VI, 361 S. m. 4 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1907. Geb. in Leinw. 11 M.

Vorlesungen über Geschichte der Mathematik. Hrsg. v. M. Cantor. Unter Mitwirkg. v. V. Bobynin, A. v. Braunmühl, F. Cajori u. a. IV. Bd. Von 1759—1799. Lex. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

1. Lfg. XIX. Abschn. S. Günther, Geschichte der Mathematik. XX. Abschn. F. Cajori, Arithmetik. Gleichungslehre, Zahlentheorie. S. 1—200. 1907. 5,60 M.

G. Benischke, Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik. 2., erweit. Aufl. von „Magnetismus u. Elektrizität mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis." gr. 8°. XV, 580 S. m. 489 Abbildgn. Berlin, J. Springer 1907. 12 M.; geb. in Leinw. 13,20 M.

J. Kunz, Theoretische Physik auf mechanischer Grundlage. Lex. 8°. X, 499 S. m. 291 Abbildgn. Stuttgart, F. Enke 1907. 12 M.; geb. in Leinw. 13,40 M.

H. A. Lorentz, Lehrbuch der Differential- u. Integralrechnung, nebst e. Einführg. in andere Teile der Mathematik. Mit besond. Berücksicht. der Bedürfnisse der Studierenden der Naturwissenschaften bearb. Unter Mitwirkg. des Verf. übers. v. Prof. Dr. G. C. Schmidt. 2. Aufl. gr. 8°. VI, 562 S. m. 129 Fig. Leipzig, J. A. Barth 1907. 12 M.; geb. in Leinw. 13 M.

Sammlung Schubert. 8°. Leipzig, G. J. Göschen.

XXIII. A. Galle, Geodäsie. XI, 284 S. m. 96 Fig. 1907. Geb. in Leinw. 8 M.

R. Klimpert, Lehrbuch der Akustik. III. Bd. 1. Tl.: Die Fortpflanzungserscheinungen des Schalles, nebst den Erscheingn. zusammengesetzter Schwingungsbeweggn. Für das Selbststudium u. zum Gebrauche an Lehranstalten bearb. nach System Kleyer. gr. 8°. XVI, 424 S. m. 393 Erklärgn. u. 235 in den Text gedr. Fig., nebst e. Sammlg. v. 66 gelösten u. analogen ungelösten Aufgaben, nebst den Resultaten der letzteren. Bremerhaven, L. v. Vangerow 1907. 8 M.

Bd. I u. II: 228 u. 509 S. m. 409 Fig. 1904—1906. 14,50 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVII. Jahrgang. **Juli 1907.** Siebentes Heft.

Wir haben die traurige Pflicht, unsere Leser davon in Kenntnis zu setzen, daß das Mitglied des Kuratoriums dieser Zeitschrift

Herr Professor Dr. Siegfried Czapski

in Jena am 29. Juni im Alter von 46 Jahren an einem Lungenschlag unerwartet verschieden ist.

Nur $2^1/_2$ Jahre hat somit der so früh einem großen Wirkungskreis Entrissene seinen Meister und Freund Ernst Abbe überlebt; als dessen Nachfolger in das Kuratorium der Zeitschrift gewählt, hofften wir, daß er uns noch auf lange Zeit hinaus mit seinem Rat und seinem Einfluß zur Seite stehen würde. Wie eifrig Czapski an unseren Zielen mitarbeitete, solange es die große auf ihm ruhende Arbeitslast irgend erlaubte, dafür bieten seine zahlreichen wertvollen Beiträge in den Jahrgängen 1885 bis 1895 den vollgültigen Beweis.

Wir hoffen, unseren Lesern bald ein eingehenderes Bild seiner Lebensarbeit bieten zu können.

Das Andenken Czapskis werden wir stets in Ehren halten.

Kuratorium und Redaktion der Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Thermokraftfreie Kompensationsapparate mit kleinem Widerstand und konstanter Galvanometerempfindlichkeit[1]).

Von
Walter P. White in Washington.

Vor kurzem wurde durch die Arbeiten von Hausrath[2]) und Diesselhorst[3]) gezeigt, daß sich Kompensationsapparate mit niedrigem Widerstande ohne Schleifdrähte und ohne Einbuße an Genauigkeit herstellen lassen, bei denen die Thermokräfte an den Kurbelkontakten zu vernachlässigen sind. Da diese Veröffentlichungen wahrscheinlich die Konstruktion der gebräuchlichen Typen von Kompensationsapparaten beeinflussen werden, erscheint es wünschenswert, die sinnreichen Verbesserungen mit Rücksicht auf die verschiedenen Anwendungsgebiete gründlich zu diskutieren. Die vorliegende Arbeit behandelt erstens eine andere Methode, nach der sich geringer Widerstand bei Vermeidung von Kontaktfehlern erreichen läßt, und zweitens die Anwendung dieser und ähnlicher Einrichtungen zur Konstruktion von Kompensationsapparaten, in denen der Widerstand des Galvanometerkreises (kurz „Meßkreiswiderstand") konstant ist.

Wenn das Galvanometer nicht als bloßes Nullinstrument, sondern über einen weiten Bereich hin benutzt und dazu mit einer Skale versehen wird, welche Ablesungen direkt in Mikrovolt (oder einem Bruchteil oder Vielfachen davon) gestattet, so läßt sich die Einrichtung des Kompensationsapparates wesentlich vereinfachen[4]) und die Bequemlichkeit und Schnelligkeit der Ablesungen ohne Einbuße an Genauigkeit erheblich erhöhen. Das ist natürlich stets ein Vorteil und in einigen Fällen (z. B. bei Schmelzpunktsbestimmungen und kalorimetrischen Arbeiten) sogar wesentlich. Gleichzeitig wird der Kompensationsapparat einfacher, da eine oder zwei der letzten Dekaden wegfallen können. In entsprechender Weise verringert sich das Bedürfnis, die Thermokräfte zu vermeiden.

Die wesentliche Bedingung für die Brauchbarkeit dieser Anordnung ist konstante Galvanometerempfindlichkeit oder mit anderen Worten konstanter Meßkreiswiderstand. Dies läßt sich jedoch leicht für Spannungen bis zu 100000 Mikrovolt erreichen, wenn der Kompensationsapparat nur durch einen Akkumulator gespeist wird. Das Problem, den Widerstand im Galvanometerkreise bis hinauf zu 1 Volt konstant zu halten, ist verwickelter und wird in der vorliegenden Arbeit nicht behandelt. Der Meßbereich der hier besprochenen Apparate ist also derselbe, wie der, den Diesselhorst für seine Anordnung *a. a. O. S. 303, Fig. 7,* annahm. Bei Kompensationsapparaten mit sehr niedrigem Widerstande ist der Akkumulator leicht weniger konstant, und, weil der Widerstand des Galvanometers nicht zu klein sein darf, wenn es konstante Empfindlichkeit haben soll, so dürfte ein Kompensationsapparat mit mäßig hohem Widerstande oft vorzuziehen sein. Da hohe Widerstände bei der hier zu beschreibenden Konstruktionstype am schwierigsten zu erreichen sind und infolge dessen die Brauchbarkeit der Type am schärfsten auf die Probe stellen, sollen 1000 Ohm pro Volt für das Folgende zugrunde gelegt werden. Ein Apparat mit niedrigem Widerstande wird sich wesentlich günstiger verhalten, wie der hier angegebene.

---

[1]) Aus dem Englischen übersetzt von Dr. Ing. Günther Schulze.

[2]) H. Hausrath, *Ann. d. Physik* **17.** *S. 735. 1905;* Referat in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 353. 1905;* **26.** *S. 175 u. 298. 1906.*

[3]) *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 173 u. 297. 1906.*

[4]) Vgl. darüber auch H. B. Brooks, *Bull. of the Bureau of Standards* **2.** *S. 225. 1906.*

Diesselhorsts neueste Anordnung (*a. a. O. S. 303, Fig. 7*) setzt sich aus drei verschiedenen Konstruktionselementen zusammen. 1. Die beiden letzten Dekaden bilden Elemente, deren Form von Diesselhorst selbst herrührt. Sie sind thermokraftfrei, und der Einfluß ihrer Kurbelkontakte auf den Kompensationswiderstand ist zu vernachlässigen. Ihr Einfluß auf den Widerstand des abgezweigten Kreises ist ebenfalls sehr gering, wenn dieser Punkt auch bei diesem besonderen Apparat nicht von Bedeutung ist. 2. Die dritte Dekade bildet eine Anordnung, die von Hausrath benutzt ist und eine Stromverzweigung im Kompensationsapparat nötig macht. Die Verstellung des beweglichen Kontaktes dieser Dekade beeinflußt den Widerstand und die Thermokräfte des Galvanometerkreises nur wenig. 3. Die erste und zweite Dekade sind nach dem von Raps und Diesselhorst modifizierten Doppelkurbel-Prinzip konstruiert, bei dem sich der durch die Kontaktwiderstände hervorgerufene Fehler vernachlässigen läßt. Die Verstellung der Kurbeln dieser Dekaden kann zu Thermokräften Veranlassung geben und verändert stets den Widerstand des Galvanometerkreises.

Die thermokraftfreien Elemente sind also dieselben wie die, welche einen nahezu konstanten Meßkreiswiderstand ergeben. Für den von Diesselhorst behandelten Fall werden diese Elemente zweckmäßig zu den drei letzten Dekaden benutzt; handelt es sich aber um konstante Empfindlichkeit, so sind sie dort ziemlich nutzlos, da Änderungen des Widerstandes der letzten Dekaden die Empfindlichkeit in keinem Falle wesentlich ändern. Andererseits sind sie in den beiden höheren Dekaden nötig, da in denselben die doppelten Gleitkontakte beseitigt werden müssen.

Wenn drei Dekaden genügen, wie es oft der Fall sein wird, so ist das Problem schon gelöst und das Ergebnis ähnlich wie in Diesselhorsts Anordnung *a. a. O. S. 300, Fig. 5*, jedoch mit einem wichtigen Unterschiede, wie sich gleich zeigen wird. Wenn vier oder fünf Dekaden erwünscht sind, so müssen noch ein oder zwei neue Elemente eingeführt werden, deren Kontaktwiderstände zu vernachlässigen und deren Thermokräfte gering sind (wenn auch die letzte Bedingung für den vorliegenden Fall weniger wichtig ist). Den Widerstand des Meßkreises dürfen die Elemente jedoch aus dem oben angegebenen Grunde beeinflussen.

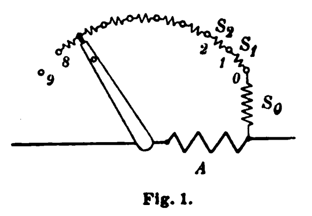


Fig. 1.

Ein derartiges Element ergibt sich in einfacher Weise durch Einführung eines konstanten, durch einen Nebenschluß veränderlichen Widerstandes (Fig. 1). Der Widerstand A liegt dauernd im Stromkreis, während der Nebenschluß, der aus den Widerständen S_0, S_1, S_2 ... besteht, durch Drehen der Kurbel verändert werden kann. Die Vorteile einer in anderen Fällen bereits vielfach verwendeten Methode, einen Widerstand um kleine Beträge zu verändern, werden hierdurch für die Konstruktion von Kompensationsapparaten nutzbar gemacht. Der Kontaktwiderstand der Kurbel läßt sich vernachlässigen, da er zu den verhältnismäßig hohen Widerständen des Nebenschlusses hinzukommt. Eine etwaige Thermokraft im Kurbelkontakt verteilt sich über den Stromkreis S_0, S_1 ... A; nur der an den Enden von A herrschende Anteil kommt in Betracht, und dieser kann wieder durch Vergrößern des Nebenschlusses beliebig herabgedrückt werden.

Dieses Konstruktionselement kann offenbar nicht ganz aus dem Stromkreis ausgeschaltet werden (der Widerstand läßt sich nur bis auf den Betrag A parallel S_0 verringern); folglich bedingt seine Verwendung eine Hausrathsche Stromverzweigung;

aber da diese doch schon vorhanden sein soll, entsteht durch ihre Benutzung keine weitere Komplikation. Im übrigen ist das *„Nebenschlußelement“* vom Hausrathschen Element unabhängig und kann in Verbindung mit ihm oder an seiner Stelle verwandt werden. Außerdem hindert das Vorhandensein eines Nebenschlußelementes nicht die Einführung noch weiterer Nebenschlußelemente.

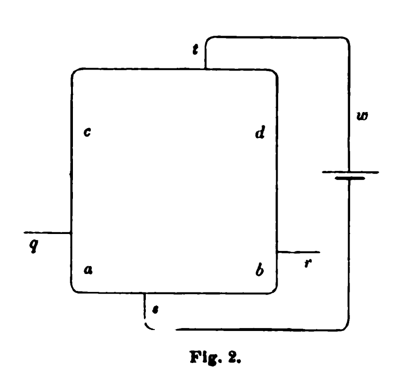


Fig. 2.

Die Bedingungen für konstanten Meßkreiswiderstand lassen sich leicht aufstellen. Fig. 2 möge einen Kompensationsapparat mit Stromverzweigung darstellen, in dem w der äußere Widerstand, $a + b$ der Kompensationswiderstand, (a in der ersten Dekade, b in der zweiten), q und r die Abzweigstellen des Kompensationswiderstandes, s und t die (gleichzeitig in entgegengesetzten Richtungen verschiebbaren) Kontakte der Hausrathschen Anordnung sind. Dann ergibt sich der Gesamtwiderstand W zwischen q und r durch eine elementare Rechnung zu

$$W = \frac{c\,d\,(a+b) + a\,b\,(c+d) + (a+b)(c+d)\,w}{(a+c)(b+d) + (a+b+c+d)\,w}. \qquad 1)$$

In einem speziellen Fall macht Diesselhorst den Zweig $b + d$ fünfmal so groß wie den Zweig $a + c$. Bei den hier behandelten Kompensationsapparaten hat eine solche Vergrößerung von $b + d$ weiter keinen wesentlichen Einfluß, als daß sie den gesamten Widerstand des Hauptkreises und ebenso den Widerstand zwischen q und r annähernd verdoppelt. Da sich beides einfacher durch Verdoppelung sämtlicher Widerstände erreichen läßt, soll hier $b + d = a + c = P$ genommen werden.

Wenn der Kompensationswiderstand $a + b = M$ gesetzt wird, so läßt sich Gleichung 1) in die bequemere Form bringen:

$$W = \frac{P\,a\,(P-a) + P\,b\,(P-b) + M\,(2\,P - M)\,w}{P^2 + 2\,P\,w}. \qquad 2)$$

Der Widerstand zwischen q und r ist offenbar nicht gleich $a + b$. Wenn also a durch Einstellen des Kompensationsapparates geändert wird, so müssen die entsprechenden, zum Konstanthalten des Meßkreiswiderstandes erforderlichen Widerstandsänderungen mit Hülfe von Widerständen vorgenommen werden, die sich von denen in a ein wenig unterscheiden. Diese Bedingung läßt sich leicht erfüllen.

Drei andere Bedingungen sind jedoch genauer zu erwägen. 1. Die Korrektion für Änderungen in a ist nicht unabhängig von dem Werte b, aber der Einfluß, den Änderungen von b darauf ausüben, muß ebenso zu vernachlässigen sein, wie der Einfluß, den der Wert a auf die Korrektion für b ausübt; das heißt,

$$\frac{dW - db}{db}$$

muß für alle Werte von a genügend klein sein. 2. Die durch Verstellen der Kontakte s und t der Hausrathschen Anordnung bewirkte Änderung von W muß so gering sein, daß sie vernachlässigt werden kann, oder, wenn W als Funktion von a, M, P und w ausgedrückt wird, so muß dW/da klein sein. 3. Der Einfluß der durch Abgleichen des Akkumulators in w hervorgerufenen Änderungen muß zu vernachlässigen, d. h. dW/dw muß zu vernachlässigen sein. Die drei Differentiale lassen sich leicht finden. Sie sind

$$dW - db = -\frac{Mw + Pb}{PT}db = -\frac{M\frac{w}{P} + b}{T}db \qquad 3)$$

$$dW = \frac{b - a}{T}da \quad \text{(für Änderungen von } s \text{ und } t) \qquad 4)$$

$$dW = \frac{(a - b)^2}{4T^2}dw, \qquad 5)$$

wobei T, der Gesamtwiderstand, gleich $\frac{P}{2} + w$ ist. Die beiden Veränderungen von W, die durch Änderungen von w bedingt werden, sind augenscheinlich von dem absoluten Betrage von w selbst unabhängig. Die Veränderung infolge des Einstellens von b nimmt offenbar mit w ab, sodaß es sich empfiehlt, w klein, also P groß zu machen. Wird, bei 1000 Ohm pro Volt, $P = 1800$ und $w = 100$ Ohm angenommen, so ergeben sich als Maximalwerte von a und b 100 und 10 Ohm. Die durch Einstellen von b (da db im Maximum gleich ± 5 Ohm zu setzen ist) hervorgerufene Änderung von W übersteigt nicht 0,17 Ohm, diejenige durch Einstellen des Hausrathschen Gleitdrahts (wenn er in die dritte Dekade fällt mit einem Gesamtwiderstande von 0,5 Ohm) übersteigt nicht 0,06 Ohm. Wenn der Widerstand des Hauptkreises um 50 Ohm, entsprechend 5%, geändert wird, so ändert sich der Meßkreiswiderstand nicht über 0,16 Ohm. Alle angegebenen Fehler nehmen offenbar mit dem Widerstand des Kompensationsapparates ab.

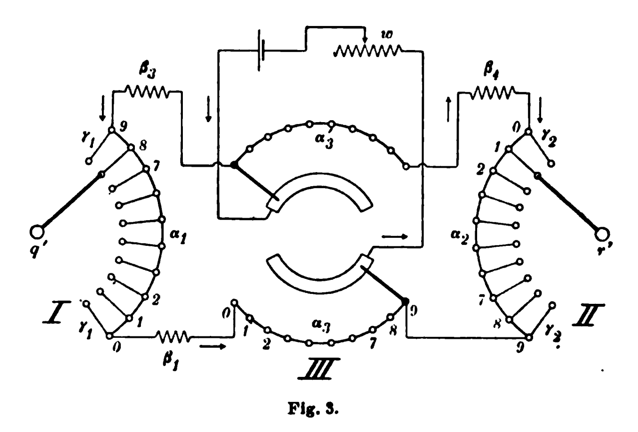


Fig. 3.

Fig. 3 zeigt schematisch, wie sich ein Kompensationsapparat in Übereinstimmung mit den obigen Rechnungen und gemäß Diesselhorsts Anordnung *a. a. O. S. 300, Fig. 5,* konstruieren läßt. Jedoch sind die Schleifdrähte, deren Kontaktwiderstände manche im Hauptkreis für unzulässig halten dürften, durch Kurbelwiderstände ersetzt, und an Stelle der thermokraftfreien Elemente, die in den höheren Dekaden nicht gerade nötig sind, ist ein Kurbelwiderstand eingefügt, der konstanten Meßkreiswiderstand ergibt. Dies wird durch Ballastwiderstände γ_1 und γ_2 erreicht, deren Werte gemäß einer einfachen Rechnung nach Gleichung 2) so gewählt sind, daß der Widerstand zwischen q' und r' konstant ist. Dieser Ersatz bietet verschiedene Vorteile: 1. läßt sich offenbar eine bessere Konstanz des Meßkreiswiderstandes erreichen; 2. brauchen die Ausgleichwiderstände, da sie nur im Galvanometerkreis liegen, nicht sehr genau abgeglichen zu sein, sodaß der Apparat billiger wird; 3. werden die Kontaktwiderstände aus dem Hauptkreis in den Galvanometerkreis verlegt, wo sie viel weniger schaden; ein 4. Vorzug wird im letzten Abschnitt dieser Arbeit angegeben. Mit einem guten Galvanometer genügt dieser Apparat bei einem Bereiche von 100000 bis 100 Mikrovolt für sehr schnelles Arbeiten bis auf eine Genauigkeit von 1 Mikrovolt. Unter günstigen Bedingungen lassen sich noch Bruchteile eines Mikrovolt ablesen. Doch ist eine vierte Dekade gewiß wünschenswert, und für besondere Zwecke mag selbst eine fünfte erforderlich sein. Eine oder zwei lassen sich durch Anwendung

des Nebenschlußelementes einfügen, wie es bei f und g in Fig. 4 angegeben ist, die einen Apparat mit konstantem Meßkreiswiderstand und demselben Bereich wie in Diesselhorsts Anordnung *a. a. O. S. 303, Fig. 7*, darstellt. Die Ballastwiderstände δ_1 und δ_2 in der ersten und zweiten Dekade sind nach einem von Brooks[1]) gegebenem Schema angeordnet. Im allgemeinen ist diese der in Fig. 3[2]) beschriebenen Methode zur Erzielung konstanten Widerstandes gleichwertig.

Bei h und k müssen Widerstände eingeschaltet werden, um die Änderungen in f und g zu kompensieren; dazu ist die übliche Doppelkurbel nötig. Die durch f und g im Galvanometerkreis hervorgerufene Änderung ist zu vernachlässigen. Wieweit die Nebenschlußelemente die Widerstandsfehler und die Thermokräfte der Kontakte beseitigen, läßt sich leicht berechnen. Es sei A der Widerstand des Elements ohne

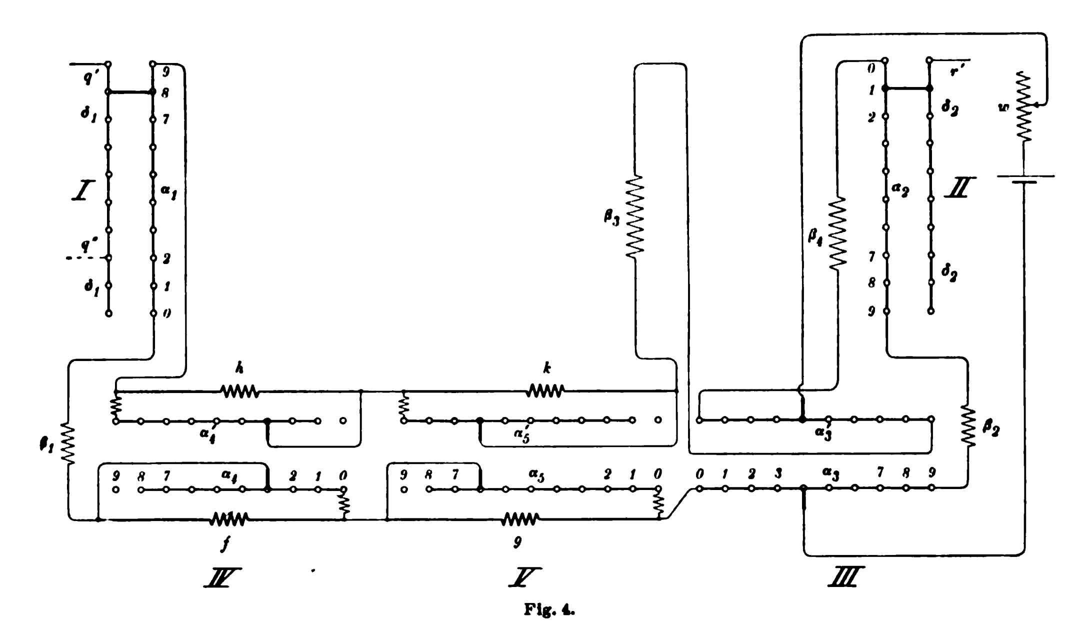


Fig. 4.

Nebenschluß, S der Widerstand des Nebenschlusses für irgend eine bestimmte Stellung, R' der Widerstand der Kombination, $V = A - R'$ die durch Anlegen des Nebenschlusses hervorgerufene Widerständsänderung. Dann läßt sich V von $1\,D$ bis $9\,D$ verändern, wenn D der Widerstand einer Einheit der durch das Nebenschlußelement gebildeten Dekade ist. Ferner sei dS irgend ein Fehler von S, der durch einen Kontaktwiderstand oder durch eine ungenaue Abgleichung verursacht ist, und dR' der entsprechende Fehler des Kombinationswiderstandes. Man kann leicht zeigen, daß

$$dR' = \left(\frac{V}{A}\right)^2 dS, \tag{6}$$

$$S = \frac{A^2}{V} - A. \tag{7}$$

Wenn die Gleichung nicht zur Berechnung der tatsächlichen Widerstände benutzt werden soll, läßt sie sich vereinfacht schreiben

$$S = \frac{A^2}{V}; \tag{7*}$$

[1]) *A. a. O.*

[2]) Vgl. jedoch den letzten Abschnitt der Arbeit.

daraus ergibt sich

$$S = A\sqrt{\frac{dS}{dR}} = V \cdot \frac{dS}{dR}. \qquad 8)$$

Der Einfluß des Kontaktwiderstandes ist also gleich diesem Widerstande, geteilt durch den Wert des ganzen Nebenschlusses. Der aus dieser Quelle fließende Fehler läßt sich demnach durch Vergrößern von S beliebig vermindern. Diese Abgleichung ist offenbar von V unabhängig. Sie bleibt wirksam, wie klein auch der Widerstand des Kompensationsapparates sein mag. Der passende Wert von A ist die mittlere Proportionale zwischen S und V und läßt sich für jeden Kompensationsapparat mit geteiltem Stromkreis leicht herstellen. Da $\frac{S}{dS} = \frac{V}{dR}$ ist, so muß S mit einer Genauigkeit abgeglichen werden, die der Genauigkeit eines einzelnen Widerstandes von der Größe V der Dekade entspricht. Diese Abgleichung ist jedoch leichter, da der Wert von S höher ist. Die Thermokraft ist etwas stärker als im Verhältnis $\frac{A}{S} = \frac{V}{A} = \sqrt{\frac{dR}{dS}}$ verringert, d. h. nicht in dem Maß, wie der durch den Kontaktwiderstand bedingte Fehler, immerhin aber wird sie für die meisten Zwecke klein genug. Zum Beispiel in der vierten Dekade liegt V, bei 1000 Ohm pro Volt, zwischen 0,01 und 0,09 Ohm. Wenn A gleich 2 Ohm ist, so liegt S zwischen 40 Ohm und 400 Ohm, dS/dR zwischen 400 und 40000. Beträgt der Kontaktwiderstand, wie von Diesselhorst angenommen, 0,0002 Ohm, so ist der durch ihn verursachte Fehler gleich 0,0005 Einheiten der fünften Dekade, also zwanzigmal so gering wie in Diesselhorsts Apparat. Wenn dieser Unterschied auch nicht besonders wichtig ist, so ist er doch nicht geringzuschätzen, da es eine ziemliche Sorgfalt erfordert, den Widerstand auf dem niedrigen Werte von 0,0002 Ohm zu erhalten, wie Diesselhorst selbst angibt[1]). Der Einfluß der Thermokräfte würde auf etwas weniger als $^1/_{20}$ heruntergedrückt. Da die Thermokraft eines guten Kurbelkontaktes selbst unter ziemlich ungünstigen Umständen 2 Mikrovolt nicht überschreiten dürfte, so beträgt der Fehler nicht mehr als 0,1 Mikrovolt oder 0,1 Einheiten der fünften Dekade und ist im allgemeinen wesentlich geringer. Daher ist der hier behandelte Kompensationsapparat noch freier von Thermokräften, als der von Diesselhorst angegebene, da der Widerstand der vierten Dekade in letzterem Apparate gleich einem Zehntel des Widerstandes des Stromkreises ist, in dem er sich befindet, und die Dekadenkurbel unmittelbar in diesen Kreis eingeschaltet ist. Bei gleich niedrigem Widerstande beträgt der Fehler der hier beschriebenen Form $^1/_6$ von dem der anderen.

Um die Konstruktion des Kompensators noch klarer zu machen, sollen vollständige Angaben über die numerischen Werte der verschiedenen Widerstände hier mitgeteilt werden.

Es sei a_1 der Widerstand einer einzelnen Einheit der ersten Dekade bei beiden Apparaten (Fig. 3 u. 4); wenn die Gesamtwiderstände der linken und der rechten Hälfte des verzweigten Stromkreises einander gleich sein sollen, so muß a_2, die Einheit der zweiten Dekade, gleich $a_1/10$ sein; a_3, die Einheit der dritten Dekade, wird $a_1/200$, da eine Verschiebung des Kontaktes in dieser Dekade eine doppelte Wirkung hat, indem auf der einen Seite Widerstand hinzugefügt, auf der andern gleichzeitig weggenommen wird; a_3' ist gleich a_3.

---

[1]) *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 180. 1906.*

Soweit bezieht sich das Gesagte auf die beiden Apparate der Fig. 3 u. 4. Bei dem Schema der Fig 4 ist die Einheit der vierten Dekade gleich $\alpha_1/1000$ und die der fünften $\alpha_1/10000$; doch haben die Spulen α_4 und α_5 in diesen Dekaden viel höhere Werte, da sie ja den Zweck haben, den Nebenschluß zu den festen Spulen f und g zu verändern. Wie schon erwähnt, sind die Fehler durch die Kontaktwiderstände um so kleiner, je größer α_4 und α_5 sind; deshalb sind f und g so zu wählen, daß α_4 und α_5 eine passende Größe bekommen; die genauen Werte von f und g werden nach Gleichung 7) so berechnet, daß V seinen richtigen Betrag erhält. Die Werte von α_4 und α_5 werden dann zum großen Teil ganzzahlig, wenn f und g die Zahlen 2 und 3 als Faktoren enthalten, da für die Berechnung die Quadrate von f und g durch die verschiedenen Werte von V zu dividieren sind. Die Beträge von α_4' und α_5' sind dieselben wie die von α_4 und α_5, nur sind die Widerstände in umgekehrter Folge angeordnet; h ist gleich f, k gleich g.

Der Zweck der festen Widerstände β ist ein dreifacher:

Erstens soll dadurch zwischen dem Nullkontakt der dritten Dekade, wo der Hauptstrom in den Apparat eintritt, wenn alle Kurbeln auf Null stehen, und den Nullkontakten der ersten bezw. zweiten Dekade gleicher Widerstand hergestellt werden. Für das Schema der Fig. 3 ergibt sich also

$$\beta_1 = \Sigma \alpha_2 + \Sigma \alpha_3 = 0{,}945\ \alpha_1 .$$

Zweitens kann es für eine bequeme Abgleichung des Apparats wünschenswert sein, daß der Widerstand zwischen dem Nullkontakt der dritten und denen der ersten und zweiten Dekade gleich α_1 ist; β_1 wird dann gleich α_1, und β_2 (in Fig. 4 gezeichnet) muß auf der anderen Seite im Betrage von 0,055 α_1 eingeschaltet werden.

Drittens sind die Spulen β_3 und β_4 so abgeglichen, daß die beiden Hälften des verzweigten Stromkreises einander gleiche, und zwar hohe Widerstandswerte erhalten. Für den Apparat von Fig. 3 ergibt sich demgemäß

$$\beta_4 = \beta_3 + \Sigma \alpha_1 - \Sigma \alpha_2 + \Sigma \alpha_3' = \beta_3 + 8{,}145\ \alpha_1 .$$

In dem Schema der Fig. 4 muß, damit der Widerstand zwischen den Nullkontakten der ersten und dritten Dekade derselbe bleibt, β_1 um den Betrag der Werte von f und g *mit Nebenschluſs* kleiner sein, d. h.

$$\beta_1 = \alpha_1 - f + 0{,}009\ \alpha_1 - g + 0{,}0009\ \alpha_1 .$$

Ebenso muß β_3 um den Betrag von f und g *ohne Nebenschluſs* vermindert werden, da in der Null-Stellung des Kompensators zu f und g ein Nebenschluß liegt, zu h und k aber nicht.

Die Aufgabe, dem Galvanometerkreis stets gleichen Widerstand zu geben, ist dieselbe für beide Apparate, sodaß die in Fig. 4 gewählte Anordnung ebenso gut bei dem durch Fig. 3 dargestellten Apparat verwendet werden kann, wie umgekehrt. Die Werte der Spulen γ_1 lassen sich aus Gleichung 2) berechnen, indem man für die verschiedenen Werte von a die Werte von W ermittelt und dann die Differenz zwischen dem größten und jedem der anderen Werte bildet; bei dieser Berechnung setzt man b gleich $^1/_2\ \alpha_1$. Die Werte der Spulen γ_2 werden am bequemsten so gewählt, daß sie lediglich die Änderung von b ausgleichen, d. h. gleich 0,1 α_1; 0,2 α_1; 0,3 α_1 u. s. w. Der resultierende Fehler von W, soweit er durch Änderungen von b hervorgerufen wird, ist, wie bereits gezeigt wurde, zu vernachlässigen. Die Werte von δ_1 und δ_2 sind gleich den Differenzen zwischen den entsprechenden Werten von γ_1 und γ_2.

Die folgende Tabelle gibt ein Zahlenbeispiel für den Fall, daß der Apparat bis 0,1 Volt reicht und der Spannungsabfall in 1000 Ohm 1 Volt beträgt, d. h. 0,001 Ohm 1 Mikrovolt entspricht. Für beide Apparate ist dann $a_1 = 10$ Ohm, $a_2 = 1$ Ohm, $a_3 = 0{,}05$ Ohm. Die Ausgleich-Widerstände im Galvanometerkreis haben die nachstehenden Werte:

	γ_1 Ohm	γ_2 Ohm	δ_1 Ohm	δ_2 Ohm
0	84,75	0	—	—
1	74,91	1	9,84	1
2	65,18	2	9,73	1
3	55,55	3	9,63	1
4	46,03	4	9,52	1
5	36,61	5	9,42	1
6	27,30	6	9,31	1
7	18,10	7	9,20	1
8	8,99	8	9,10	1
9	0,00	9	8,99	1

Obwohl hier die Rechnung bis auf 0,01 Ohm geführt ist, brauchen diese Ausgleichswiderstände in der Regel nicht genauer als auf 0,1 Ohm abgeglichen zu werden.

Für die vierte und fünfte Dekade des Schemas der Fig. 4 sind passende Werte $f = 2{,}4$ Ohm, $g = 0{,}6$ Ohm. Unter dieser Annahme ergeben sich für a_4 und a_5 die Werte der folgenden Tabelle:

	a_4 Ohm	a_5 Ohm
0	62,6000	39,400
1	8,0000	5,000
2	10,2857	6,429
3	13,7143	8,571
4	19,2000	12,000
5	28,8000	18,000
6	48,0000	30,000
7	96,0000	60,000
8	288,0000	180,000
9	∞	∞

Wenn der Widerstand P 1800 Ohm sein soll, ergeben sich die nachstehenden Werte für β in Ohm:

	β_1	β_2	β_3	β_4
Für den kleinen Apparat .	9,45 bezw. 10	—	1700	—
„ „ größeren „ . .	6,549 „ 7,099	—	1697	—
„ beide Apparate . . .	—	0 bezw. 0,55	—	1781,45

Wenn der Widerstand des Apparates kleiner sein soll, als eben angenommen, so können alle Widerstände proportional verringert werden, wodurch sich eine verbesserte Konstanz des Meßkreiswiderstandes ergibt; es dürfte sich indessen empfehlen, a_4 und a_5 nicht wesentlich kleiner zu nehmen, sondern f, g u. s. w. zu verkleinern, weil

dann die Kontaktfehler zu vernachlässigen sind. Die festen Widerstände β_3 und β_4 können dazu dienen, das Normalelement zu kompensieren, wie dies auch bei älteren Typen von Kompensationsapparaten ohne verzweigten Stromkreis schon oft ausgeführt worden ist.

Der Wert des Gesamtwiderstandes T des Batteriekreises ist 1000 Ohm, d. h. die Hälfte desjenigen in gewöhnlichen Kompensatoren mit unverzweigtem Stromkreis bei dem gleichen Spannungsabfall pro Ohm.

Der Wert von W, d. h. der Widerstand des Apparates, der im Galvanometerkreis liegt, ist etwa 105 Ohm. Es würde keine Schwierigkeiten bieten, diesen Widerstand beinahe beliebig zu verringern, doch würde sich der vom Akkumulator gelieferte Meßstrom vermutlich nicht genügend konstant halten lassen. Ich habe indessen an anderem Ort[1]) gezeigt, wie sich diese Schwierigkeit ohne große Komplikation durch Verwendung von drei Akkumulatoren statt eines vermindern läßt.

Wenn es angängig ist, die Galvanometer-Empfindlichkeit neu zu bestimmen, kann der Widerstand im Galvanometerkreis dadurch verringert werden, daß man, indem man den Apparat mit geringerem als dem maximalen Meßbereich benutzt, die Potentialabnahme bei q'' statt bei q' in Fig. 4 bewirkt oder in Fig. 3 passende Nebenschlüsse zu $\gamma_{1,0}$; $\gamma_{1,1}$ ... legt[2]). Diese Verringerung des Widerstandes hat keine Bedeutung, wenn die rechte Seite des verzweigten Stromkreises einen viel höheren Widerstand hat als die linke.

Die Abgleichung und Prüfung der Widerstände bietet durchaus keine besonderen Schwierigkeiten. Wenn bei sehr geringem Gesamtwiderstande die Kontakte im Hauptkreise der Hausrathschen Anordnung nicht erwünscht sein sollten, so läßt sich statt derselben ein Nebenschlußelement verwenden.

Der Hauptvorteil des angegebenen Kompensationsapparates ist natürlich die konstante Galvanometerempfindlichkeit. Sie läßt sich auch bei Diesselhorsts Apparat erreichen, wenn ein zweiter Satz von Ausgleichswiderständen in den Galvanometerkreis außerhalb des eigentlichen Kompensationsapparates eingefügt und durch dieselben Kurbeln betätigt wird, die für die erste und zweite Dekade benutzt werden. Aber abgesehen davon, daß diese Methode zwei unbequeme Dreifach-Kurbeln erfordert, würde sie doch der anderen Form des Apparates in Hinsicht auf die eben erörterten geringeren Kontaktfehler etwas unterlegen sein.

Doppelte Kompensationsapparate. Ein Kompensationsapparat ist zum Arbeiten mit Widerstandsthermometern nicht besonders geeignet. Wenn eine solche Anwendung nicht in Frage kommt, läßt sich der Meßbereich oft vorteilhaft verringern. Für Arbeiten mit dem Thermoelement ist ein Bereich von 20000 Mikrovolt mehr wie ausreichend[3]). Eine Dekade kann fortgelassen werden, wenn die höchste Dekade aus 20 statt aus 9 Stufen, jede zu 1000 Mikrovolt, aufgebaut wird. Ein Apparat mit nur zwei Kurbeln erlaubt dann eine ebenso genaue Einstellung wie der in Fig. 3 angegebene und genügt für manche Gebiete, während mehr wie drei Kurbeln selten

---

[1]) *Phys. Rev.* **23.** *S. 447. 1906.*

[2]) Daß diese Änderung in der Schaltung sich bei den Ausgleichswiderständen in der Brooksschen Anordnung leichter ausführen läßt, ist ein Grund dafür, diese letztere bei Kompensatoren mit maximalem Meßbereich bis 0,1 Volt vorzugsweise zu verwenden, zumal dann der Vorteil der in Fig. 3 beschriebenen Anordnung der Ausgleichswiderstände (vgl. den letzten Abschnitt der Arbeit) nicht in Betracht kommt.

[3]) Ebenso für Strommessungen und, wenn auch mit mehr oder weniger Unbequemlichkeit, auf manchen anderen Gebieten.

nötig sein werden. Doch ist die Anzahl der Widerstände nicht geringer. Solche Kompensationsapparate haben aber einen sehr großen Vorzug, der darin besteht, daß sich fast die ganze Einstellung mit zwei Kurbeln ausführen läßt, während die dritte, wenn sie überhaupt vorhanden ist, nur gelegentlich und ausnahmsweise gebraucht wird. *Wenn also die Herstellung des konstanten Meſskreiswiderstandes nach der Methode der Fig. 3 ausgeführt wird,* so lassen sich mit *demselben* Kompensationsapparate ohne Neueinstellung Messungen in *zwei* Stromkreisen vornehmen, die durch einen passenden Schalter mit demselben Galvanometer verbunden werden können. Die Anschlüsse des zweiten Kreises können durch irgend eine Form federnder Klammern, die mit dünnen Kupferkabeln verbunden sind, hergestellt werden. Diese Anordnung ist sehr wertvoll, wenn in schneller Reihenfolge verschiedene Thermoelemente abgelesen werden sollen, besonders, wenn die Ablesungen des einen sich nur wenig ändern.

Geophysical Laboratory, Carnegie Institution of Washington, März 1907.

Studien über die durch Stimmgabeln erzeugten Töne und über die Herstellung obertonfreier Stimmgabeln.

Von

M. Th. Edelmann in München.

Wenn man eine (größere) Stimmgabel kräftig anschlägt, besonders in der Mitte der Zinken mittels eines harten Körpers, dann erklingen bekanntlich außer dem Grundton noch eine Reihe von Obertönen, von welchen indessen nur der erste stark hervortritt und eine lange Hördauer besitzt; die höheren Obertöne erlöschen sehr bald und sollen deshalb hier nicht weiter in Betracht kommen.

Man könnte annehmen, daß bei Gabeln von ungefähr gleicher Größe und Stimmung ein konstantes Verhältnis zwischen den Hördauern des Grundtones und des ersten Obertones vorhanden sein müßte; allein dies findet erfahrungsgemäß nicht statt. Während z. B. bei einer A-Gabel (108,8 g. Schw.) im Besitze des Ohrenarztes Hrn. Prof. Dr. Bezold in München der Grundton über 100 Sek. und der erste Oberton nur *ganz kurz* hörbar ist, kann dagegen an einer Kopie dieser Gabel, bei welcher lediglich der Stiel etwas abgeänderte Abmessungen hatte, bei 100 Sek. Hörbarkeit des Grundtones der erste Oberton über 50 Sek. lang wahrgenommen werden. Vielfache Untersuchungen stellten zunächst sicher, daß, je formrichtiger eine Gabel gearbeitet wird, um so länger der Oberton dauert.

Von großer Wichtigkeit, hauptsächlich für die Untersuchungen der Ohrenärzte, sind Stimmgabeln, welche starke, langandauernde und *reine* Töne liefern, und es blieb, um Gabeln obertonfrei zu machen, zunächst nichts anderes übrig, als an der Stelle des Schwingungsbauches für den ersten Oberton über die Zinken kurze Stücke Gummischlauch zu stülpen, welche zwar den Oberton wegbremsen, jedoch auch zugleich die gesamte Hördauer der Stimmgabeln ungünstig beeinflussen; die Bezoldsche Gabel beweist dagegen, daß man Gabeln herstellen könne, welche auch *ohne* diese Gummibremsen praktisch obertonfrei sind. Man könnte zunächst die Ursache der geschilderten Tatsache wie bei alten italienischen Meistergeigen dem für Herstellung der Gabeln verwendeten Material zuschreiben; ich habe in dieser Richtung eine große Reihe von Versuchen angestellt, jedoch vergeblich; die Ursache des eigentümlichen Verhaltens der Bezoldschen A-Gabel liegt ganz wo anders und ist eine viel ein-

fachere, wie mich eine zufällige Beobachtung lehrte, deren Mitteilung vielleicht von allgemeinerem Interesse sein dürfte.

Im Laufe der letzten zehn Jahre, während welcher Tausende von Stimmgabeln der bekannten Bezoldschen Tonreihe für Untersuchung Taubstummer in unserer Werkstätte hergestellt wurden, hat es sich manchmal ereignet, daß der Schmied, ein äußerst zuverlässiger Arbeiter, eine Stimmgabel ablieferte, welche schon im nichtbearbeiteten Zustande eine auffallend kurze Klangdauer für den Grundton hatte. Solche Gabeln wurden, obwohl sie äußerlich keine Anzeichen dafür erkennen ließen, als selbstverständlich mit Querrissen behaftet, zurückgewiesen; eine solche habe ich seit mehreren Jahren als Kuriosum aufbewahrt.

Vor kurzer Zeit wurde wieder ein Dutzend (unbelasteter) g_3-Gabeln abgeliefert, welche sämtlich im *rohen Zustande* eine sehr lange Schwingungsdauer hatten. Nach ihrer Fertigstellung hatte jedoch eine derselben *gar keinen Ton*; sie war vollständig unbrauchbar geworden. Dies war um so auffallender, als unter gar keinen Umständen angenommen werden konnte, daß die Stimmgabel während der Arbeit einen Riß bekommen habe. Wie sollte man auch imstande sein, eine so derbe Form von nur 85 *mm* Länge und 15 *mm* dicken und breiten Zinken zu verderben? Als die Gabel kräftig in einen Schraubstock geklemmt wurde, konnte man sie zwar biegen, aber sie brach nicht, folglich hatte sie auch keinen Riß. Der Grund, warum sie, mit dem Stiele zur Hand genommen und angeschlagen, gar keinen Ton hören ließ, war bald gefunden.

Man kann eine Stimmgabel auf zweierlei Weise zum Tönen bringen: zunächst als Stimmgabel wie gewöhnlich; sodann aber auch dadurch, daß man sie, wie Fig. 1 zeigt, auf zwei hölzerne Schneiden legt und in der Mitte bei *a* oder am Stielende bei *b* mit einem harten Gegenstande anschlägt. Sie erklingt dann in der Art wie eine auf zwei Schneiden frei aufliegende parallelepipedische Platte oder ein elastischer Stab (Fig. 2). An den Punkten *c d* bilden sich Schwingungsknoten; hier bleibt der

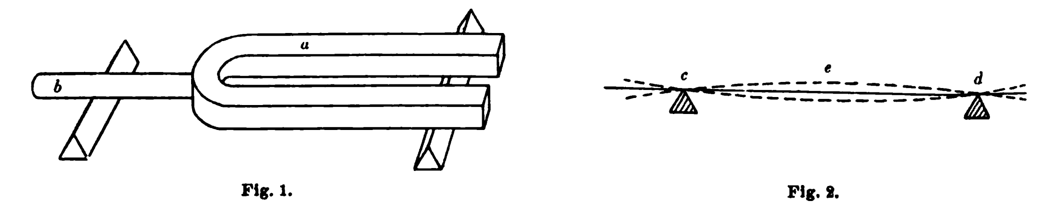


Fig. 1. Fig. 2.

Stab in Ruhe, und es müssen, wenn dieser Ton möglichst rein und anhaltend sein soll, die beiden Schneiden genau an diesen Stellen untergelegt werden; in der Mitte bei *e* ist der Ort der größten Elongation (Bauch). Auch beide Enden des Stabes schwingen, jedoch selbstverständlich nach abwärts, wenn *e* nach aufwärts geht, und umgekehrt. Es soll im weiteren Verlaufe dieser Mitteilung der so erzeugte Ton als *Plattenton*, der auf gewöhnliche Weise, durch Anschlagen der Zinken hervorgebrachte Ton als *Zinkenton* bezeichnet werden.

Als unsere klanglose Stimmgabel in dieser Richtung untersucht wurde, erwies es sich, daß bei derselben der *Plattenton* zufällig dem *Zinkenton gleich* war. Das Nämliche konnte sehr nahezu auch bei der oben erwähnten unbearbeiteten Gabel konstatiert werden, und eine dritte Gabel, bei welcher ursprünglich der Plattenton um eine kleine Terz höher als der Zinkenton war (wobei die Gabel eine lange Hördauer besaß), wurde um so kürzer tönend, je näher durch zweckentsprechende Bearbeitung der Plattenton dem Zinkenton gebracht wurde; nachdem beide Töne iden-

tisch geworden, war auch diese Gabel stumm. Um in diesem Zustande den Zinkenton hervorzubringen, hängt man dieselbe an einer Schnur zwischen beiden Zinken auf; ihr Stiel wird hierbei nicht gebremst, und sie schwingt dann ziemlich lange; je fester man dagegen den Stiel in die Hand nimmt, desto klangloser erweist sie sich.

Die Erklärung hierfür ist ganz einfach; die Schwingungen der Zinken beginnen sofort nach ihrem Entstehen sich durch Resonanz in den Plattenton umzusetzen[1]). Beim Schwingungsvorgang des Plattentones vibriert jedoch der Stiel der Gabel transversal, und letztere Schwingungen werden von der Hand, die den Stiel umfaßt, aufgenommen, sodaß schon nach sehr kurzer Zeit vermöge der Umsetzung von Zinkenton in Plattenton die Schwingungsenergie der Zinken vernichtet wird.

Nach der Erkenntnis, wie man den Grundton einer Stimmgabel auslöschen kann, lag der Gedanke nahe, auf welche Weise man den ersten Oberton, den die Zinken einer Gabel hervorbringen, annullieren könne: man hat der Stimmgabel eine solche Form zu geben, daß nunmehr ihr *erster Oberton identisch mit ihrem Plattenton* wird. Der Versuch bewies sofort die volle Richtigkeit des Gedankens; je näher man dieser Identität kommt, desto obertonreiner wird die am Stiele gehaltene Gabel; und als die Bezoldsche Original-Gabel daraufhin untersucht wurde, stellte es sich heraus, daß hier zufällig die Identität zwischen Plattenton und erstem Oberton bestand. Es bietet nach dieser Erkenntnis nunmehr durchaus keine Schwierigkeit mehr, obertonfreie Stimmgabeln zu liefern.

Diese Erfahrungen lehren aber auch gleichzeitig, daß im Grundton langschwingende Gabeln nur dann zustande kommen, wenn Grundton und Plattenton sich nicht nähern.

München, physik.-mech. Institut von Prof. Dr. M. Th. Edelmann & Sohn, im Mai 1907.

Referate.

Die Verwendung der Präzisionstachymetrie bei den Katastervermessungen im Berner Oberland.

Von E. Röthlisberger. *Zeitschr. f. Vermess.* ***35.*** *S. 233. 1906.*

Der Verf., Kantonsgeometer des Kantons Bern, veröffentlicht hier die Erfahrungen bei der versuchsweisen Anwendung der Tachymetrie auf Polygonmessung und Kleinmessung bei der Katasteraufnahme der Gemeinde Kandergrund im Frutigental, ausgeführt von Konkordatsgeometer Niehans (vgl. auch die erste Mitteilung von Röthlisberger, *Zeitschr. f. Vermess.* ***28.*** *S. 55. 1898*). Auf den aufgenommenen 10600 *ha*, meist sehr schwieriges Gelände, sind durch die Kleintriangulierung im ganzen 226 Punkte (1 auf 47 *ha* oder fast genau 2 auf 1 *qkm*) als Festpunkte für die folgende Polygonierung und Stückmessung hergestellt worden; diese Zahl zeigte sich nicht ganz genügend und mußte um 50 vergrößert werden.

Der Versuch der Übertragung der direkten Längenmessung der Polygonseiten und der für die Kleinaufnahme erforderlichen Strecken, wie sie im Talgrund durchaus angewandt ist, auf die Hänge zeigte bald, daß Arbeit und Kosten dabei viel zu groß wurden; auf der andern Seite zeigten die an Stelle der Latten- und Bandmessung eingeführten optischen Entfernungsmessungen mit 20- bis 25-fach vergrößerndem Fernrohr (Konstante 100;

---

[1]) Nach dem akustischen Grundsatz: „Wenn in einem Körper *zwei* verschiedenen Schwingungsarten angehörende Töne im Einklange stehen, so kann keiner dieser Töne für sich allein hervorgerufen werden." Pisko, Die neueren Apparate der Akustik. Wien 1865. *S. 154.* Vgl. auch Warburg, Über tönende Systeme. *Pogg. Ann.* ***136.*** *S. 89. 1869.*

Entfernung der zwei Distanzfäden regulierbar mit Hülfe der Kernschen Einrichtung) und nur durch einen Strebenstab gestützter Latte keine Ergebnisse, die denen der direkten Messung vergleichbar gewesen wären. Man mußte durch Versuche feststellen, welcher Verbesserungen vor allem an den *Instrumenten* es bedurfte, „um für die Katastervermessung im Gebirge die direkte Linienmessung mit Vorteil durch die optische Messung ersetzen zu können“.

Diese Veränderungen sind kurz folgende: die Fernrohrvergrößerung 20 bis 25 ist zu schwach, um schon bei 100 *m* Entfernung das Millimeter scharf schätzen zu können; man griff zur Vergrößerung 34. Die Fäden wurden *fest* gemacht, die Konstante von 100 auf etwa 80 herabgesetzt; mit Recht wird betont, daß eine *unrunde* Zahl für die Hauptkonstante nichts zu sagen hat, es ist nur auf dem zur Rechnung verwendeten Tachymeterschieber ein besonderer Indexstrich notwendig. Die Konstante des Fernrohrs wurde „ungefähr jeden Monat einmal auf ihre Unveränderlichkeit geprüft“, wobei sich fast stets nur geringe Abweichungen ergaben; die vom Verf. angeführten Zahlen sind sogar auffallend, es sind allerdings auch nur „einige“ davon aufgeführt, nämlich zwischen Mai 1901 und September 1903 (also unter wohl 15 bis 18) nur 6, von denen 5 bis auf 0,01 gleich lauten, 82,43, während die sechste sich nur um 0,02 davon unterscheidet. Man muß davor warnen, diese Zahlen zu verallgemeinern und etwa anzunehmen, die Hauptkonstante eines entfernungsmessenden Fernrohrs mit festen Fäden sei auf 0,01 unveränderlich. (Wie ist überhaupt die Konstante auf $^1/_{8000}$ ihres Werts genau bestimmt?) Daß freilich feste Fäden den beweglichen in Beziehung auf Konstanz des Abstandes zwischen beiden entschieden vorzuziehen sind, wird wohl von niemand bestritten werden, der beide Einrichtungen erprobt hat. Endlich sind die alten Latten ersetzt durch 3,6 *m* lange ⊥-Latten und Kastenlatten, je mit zwei an der Latte selbst angeschlagenen Strebenfüßen nach Geometer Luder versehen (neuerdings verbessert). Diese Präzisionslatten tragen eine (einfache) *cm*-Feld- und daneben eine (Schachbrett-) 5 *mm*-Feldteilung; für *kurze* Entfernungen wurde auch noch eine 1 *mm*-Strichteilung (1 *m* lang) nützlich gefunden. Die Latten werden durch Dosenlibelle mit 2 *m* Schliffhalbmesser vertikal gestellt. Die Latten haben den Gebirgsdienst gut ertragen und werden auch, trotz des etwas großen Gewichts von 10 *kg*, von den Meßgehülfen der mit besonderem Strebenstab freihändig zu haltenden Latte vorgezogen.

Zur Berechnung dient ein besonderer Rechenschieber, 30 *cm* lang, nach Angabe von Niehans ausgeführt, der die Reduktionen der Grundzahlen auf horizontale Entfernungen „im Mittel auf $^1/_{6000}$ der Distanz genau“ geben soll. Eine Beschreibung dieser Einrichtung wäre willkommen. Auf jeder Theodolitstation wurden zuerst die Ablesungen für die zwei Polygonseiten gemacht (die Längen dieser Seiten also vor- und rückwärts bestimmt), dann die für die Markpunkte (doppelt, d. h. an zwei Lattenstellen) und die für die sonstigen aufzunehmenden Punkte (einfach). Zum Auftragen der Kleinpunkte nach Polarkoordinaten und zur Berechnung der rechtwinkligen Koordinaten der Polygonpunkte sind ebenfalls zwei besondere Niehanssche Instrumente im Gebrauch.

Zur Beurteilung der Genauigkeit der optischen Polygonseitenmessung seien hier nur die Ergebnisse bei der Flur C angeführt (die andern Teile sind noch nicht mit dem *neuen* Apparat gemessen): K gleich rund 82, Neigungen 20 bis 50^g, 263 Polygonseiten mit 2206 Punkten; durchschnittliche Länge einer Polygonseite rund 68 *m*. Der durchschnittliche Anschlußfehler betrug 0,068 v. H. der Zuglänge. Diese Genauigkeit ist sogar etwas größer als die bei direkter Latten- und Bandmessung: während auf Talgebieten der Fluren B und C bei Lattenmessung sich 0,04 v. H. Schlußfehler der Polygonzüge ergeben hat, stieg der Schlußfehler bei Latten- und Bandmessung auf den Hängen (in „z. T. steilem Gelände“) auf durchschnittlich 0,08 v. H. und mehr. Aus 2000 frei gewählten *Doppel*-Messungen von Polygonseiten in verschiedenen Teilen der Flur C endlich berechnet der Verf. einen m. F. pro Meter einmaliger Messung nach

$$M = \sqrt{\frac{1}{2z}\left\{\left(\frac{\delta_1}{D_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{D_2}\right)^2 + \ldots + \left(\frac{\delta_z}{D_z}\right)^2\right\}}, \qquad 1)$$

wo δ_1, δ_2, .. δ_z die Unterschiede der je zwei Messungen der Strecken D_1, D_2, .. D_z (Anzahl z) sind. Es wird also vorausgesetzt, daß der m. F. proportional der Wurzel aus der Entfernung wachse, was erst zu beweisen wäre. Der m. F. des Mittels der zwei Messungen ist $\sqrt{2}$-mal kleiner als 1). Hiernach ergibt sich aus den 2000 Doppelmessungen

$$\left.\begin{aligned} M &= \pm 0{,}088\ cm \text{ pro Meter für die einmalige, also} \\ M' &= \pm 0{,}062\ cm \text{ „ „ „ doppelte Messung.} \end{aligned}\right\} \quad 2)$$

Diese Resultate sind recht gut, besonders wenn man die Ersparnis an Arbeit und Kosten mit in Anschlag bringt, die die Methode im Vergleich mit der sonstigen Polygonierung und Stückmessung im Gebirge bietet. Für Maßstäbe wie 1:5000 und selbst 1:2000 ist hier nach dem Verf. diese Methode der „Präzisionstachymetrie" das allein Richtige, selbst für 1:1000 ist sie im steilen und weniger wertvollen Gelände stets brauchbar. Die Unruhe der Lattenbilder (Zittern und Wallen der Luft) hat sich nicht in dem befürchteten Maße störend geltend gemacht. *Hammer.*

Über logarithmische Rechenscheiben.

Von K. Lüdemann. *Zeitschr. f. Vermess.* ***36.*** *S. 241. 1907.*

Die Mitteilung gibt einen Überblick über die bisher ausgeführten Formen des logarithmischen Rechenschiebers mit Kreisskalen; sie ist von historischem Interesse (wenn der Verf. auch nicht überall auf die Quellen zurückgeht), aber auch in praktischer Beziehung orientierend. Abbildungen sind nicht aufgenommen. *Hammer.*

Wötzels Schiebetransporteur.

Von P. Wilski. *Zeitschr. f. Vermess.* ***36.*** *S. 333. 1907.*

Der Verf. beschreibt kurz (mit Abbildung) einen neuen Winkel- (und Strecken-) Auftrageapparat, der dem Markscheider Wötzel in Zwickau patentiert (und durch ihn zu beziehen) ist. Er wird in zwei Größen ausgeführt, mit 22 und 31 *cm* Durchmesser des Teilhalbkreises ($^1/_2{}^0$ und $^1/_3{}^0$, Schätzung im ersten Falle bequem auf 3', im zweiten auf 2'). Wesentlich ist, daß senkrecht zum Durchmesser des Halbkreises (und selbstverständlich etwas außerhalb seiner Endpunkte) Anschlagkanten an der Instrumentenplatte vorhanden sind zum Anrücken eines Lineals. Die Versuche des Ref. mit einem Exemplar des Instruments sind befriedigend ausgefallen; der neue Schiebetransporteur kann mit Recht als eine „zeitgemäße Fortbildung der alten Zulegeplatte" gelten. *Hammer.*

Weiteres zur Geschichte der Röhrenlibelle.

Von C. Müller. *Zeitschr. f. Vermess.* ***36.*** *S. 254. 1907.*

Der Verf. bietet als Ergänzung seines Aufsatzes in der *Zeitschr. f. Vermess.* ***35.*** *S. 673. 1906* z. T. sehr wichtige geschichtliche Notizen über die Anwendung der Röhrenlibelle an den Nivellierinstrumenten von Picard bis zum Ende des 18. Jahrhunderts, d. h. bis auf Bugge, der zuerst bei den deutschen Geodäten den bekannten und merkwürdig zähe sich erhaltenden Fehler in der Anschauung des jüngeren Tobias Mayer und Anderer über Einrichtung und Wirkungsweise der Libelle ausgemerzt zu haben scheint; Benzenberg hätte sein Urteil über das Werk von Tobias Mayer jun. noch schärfer fassen dürfen.

Hammer.

Die Reinigung von Gasen durch Abkühlen in Verbindung mit Kompression, besonders die Darstellung reinen Wasserstoffs.

Von H. Kamerlingh Onnes. *Communic. Phys. Labor. Univers. Leiden Nr. 94 e. 1905.*

Die Trennung verschieden flüchtiger Substanzen durch Abkühlen mit flüssiger Luft war im Laboratorium des Verf. besonders wichtig für die Rückgewinnung des reinen Äthylens für den Kreislauf in seinem „Kaskaden-Prozeß", nachdem es dabei mit Luft verunreinigt war. Eine solche Trennung erfolgt leicht bei Gasen von hinreichend weit voneinander ent-

fernten Siedepunkten; häufig ist dabei die Anwendung von gleichzeitiger Kompression von Nutzen, z. B. um den kritischen Druck des zu verflüssigenden Bestandteiles zu überschreiten.

Neuerdings wendet der Verf. diese Methode zur Reinigung des Wasserstoffs für gasthermometrische Zwecke an und empfiehlt sie (mit Dewar) für die Befreiung des Heliums von Neon und Wasserstoff.

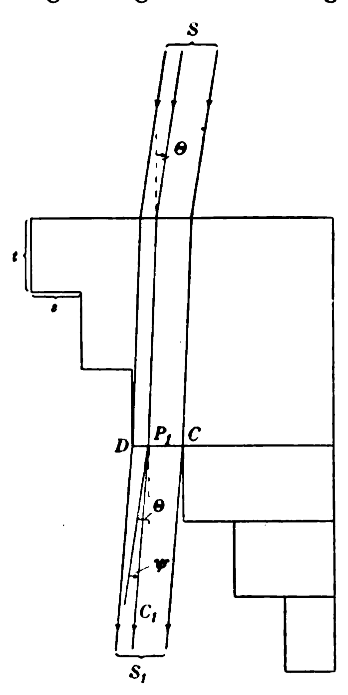
Der zu reinigende Wasserstoff wird in früher eingehend beschriebener Weise aus verdünnter Salzsäure unter Überdruck im Kathodenraume elektrolytisch entwickelt. Nach der üblichen Reinigung und Trocknung tritt er in ein zuvor evakuiertes Piezometer aus Kupfer (besser Platin), in dem er bei der Temperatur der flüssigen Luft einem Drucke von 60 Atm. ausgesetzt wird. Erst von dort geht er zur Quecksilber-Luftpumpe und in die Meßgeräte.

Weniger reiner Wasserstoff (für den Zweck des Kreislaufes) wird aus technischem Gase gewonnen durch Abkühlen und Komprimieren oder besser, indem man den technischen Wasserstoff durch einen Wasserstoff-Verflüssiger zirkulieren läßt und aus dem Kondensator jedesmal dann gasförmigen Wasserstoff entnimmt, wenn das Entspannungsventil durch festgewordene Verunreinigungen verstopft ist. Man gewinnt so einen Wasserstoff, der weniger als $^1/_{1000}$ Beimengungen enthält. *Hffm.*

Zur Theorie des Stufenspektroskops.

Von Fürst B. Galitzin. *Bull. Acad. Imp. des Sciences de St.-Pétersbourg* **23.** *S. 67. 1905. St. Petersburg 1906.*

In der vorliegenden Abhandlung wird eine eingehende Theorie des Michelsonschen Stufengitters gegeben, die ein besonderes Interesse dadurch gewinnt, daß mehrere auch für die Praxis sehr wichtige Spezialfälle einer näheren Besprechung unterzogen werden. Die dabei erhaltenen Formeln wurden alsdann experimentell mit Hülfe eines vortrefflichen, von Hilger hergestellten 33-stufigen Spektroskops geprüft.



Auf die k. Stufe CD des neben skizzierten Gitters falle das parallele, homogene Strahlenbündel S, welches mit der Gitternormale den Winkel θ bilde. Nach dem Huyghensschen Prinzip kann dann CD als eine neue leuchtende Fläche aufgefaßt werden, nur muß man jedem Strahl die entsprechende Bewegungsphase zuordnen. Schlägt man daher den bei der Berechnung der Beugungserscheinungen üblichen Weg ein, so ergibt sich die Lichtintensität, welche in der Brennebene des Beobachtungsfernrohres ein Strahlenkomplex S_1 in der Richtung P_1C_1 erzeugt, die mit den einfallenden Strahlen S den Winkel ψ bildet. θ und ψ seien positiv, wenn die Strahlen S, S_1 und die Gitternormale die in der Figur angegebene gegenseitige Lage haben. Hat man die aus dem Strahlenbüschel S_1 resultierende Amplitude Y_k der Ätherschwingungen ermittelt, so läßt sich leicht nach der bekannten Methode in der Theorie des Diffraktionsgitters die Summe der Y_k und zwar von $k=1$ bis $k=n$ bilden, wenn n die Anzahl der Gitterstufen ist, d. h. die aus allen Stufen resultierende Amplitude

$$Y = \sum_{k=1}^{k=n} Y_k, \qquad 1)$$

und daraus die resultierende Lichtintensität J berechnen, welche das ganze auf das Gitter fallende parallele Strahlenbündel in der Richtung ψ erzeugt.

Die nähere Untersuchung des für J gefundenen Ausdruckes lehrt dann, daß im Gesichtsfelde helle Interferenzstreifen entstehen und die maximale Lichtintensität eines Streifens

proportional n^2, sowie dem Quadrate der Breite s jeder Stufe ist. Die Schärfe der Interferenzstreifen wird dagegen nicht näher erörtert. Da die Angabe der allgemeinen Formeln hier zu umfangreich werden würde, so mögen nur die Hauptresultate gewisser Spezialfälle angeführt werden. Dabei ist zu beachten, daß bei den Beobachtungen mit dem Stufengitter überhaupt nur kleine Werte von θ und ψ' vorkommen.

Zuerst sei das Gitter senkrecht zum auffallenden Strahlenbüschel aufgestellt, also $\theta = 0$. Dann treten helle Streifen dort auf, wo

$$n_2(\mu - 1) - n_1 \psi' = m \qquad 2)$$

wird, wenn man für m der Reihe nach ganze Zahlen einsetzt. Hierin ist μ der Brechungsindex des Gitterglases in bezug auf Luft und

$$n_1 = \frac{s}{\lambda}, \qquad n_2 = \frac{t}{\lambda}, \qquad 3)$$

wo t die Höhe einer Stufe und λ die Wellenlänge des benutzten Lichtes bedeutet. Aus Gl. 2) folgt, daß die Streifen äquidistant sind. Weiter ist n_2 $(\mu - 1)$ oder richtiger m die Interferenz-Ordnungszahl, welche das Gitter für die Welle λ ergibt, und demgemäß eine sehr große Zahl.

Der seinem absoluten Betrage nach kleinste Wert von ψ' werde durch ψ'_0 bezeichnet, dann gibt ψ'_0 die Lage desjenigen Streifens, welcher gleichsam am nächsten zur Mitte des Gesichtsfeldes des Fernrohres liegt. Insbesondere bedeute nun m den zu ψ'_0 gehörigen Wert, d. h. die zu n_2 $(\mu - 1)$ am nächsten liegende ganze Zahl. Setzt man daher

$$\varrho = n_2(\mu - 1) - m, \qquad 4)$$

so ist ϱ ein echter positiver oder negativer Bruch, der nie größer als $1/2$ sein kann, und

$$\psi'_0 = \frac{\varrho}{n_1} \qquad 5)$$

ein sehr kleiner Wert, weil n_1 praktisch sehr groß ist.

Wir wollen jetzt den ψ'_0 entsprechenden Streifen fixieren und darauf θ ändern. Alsdann verschiebt sich auch der Streifen, wobei es eine bestimmte Stellung des Gitters gibt, für welche das entsprechende ψ' ein Minimum ist, d. h. bei Drehung des Gitters nach rechts und links sich der Streifen immer in dieselbe Richtung verschiebt, ganz analog der Minimumstellung eines Prismas. Die dieser Minimumstellung des Gitters entsprechenden Werte von θ bezw. ψ' mögen mit θ_m bezw. ψ'_m bezeichnet werden. Für diesen Fall ergibt sich aus der Bedingungsgleichung $\frac{d\psi'}{d\theta} = 0$ und den allgemeinen Formeln, wenn in erster Annäherung Glieder von der Ordnung θ^2 vernachlässigt werden, daß erstens ψ'_m sich nur durch Glieder höherer Ordnung von ψ'_0 unterscheidet und zweitens

$$\theta_m = \frac{\mu}{\mu - 1} \psi'_0 \qquad 6)$$

sehr klein wird. Wir sehen also, daß für die grüne Hg-Linie $\lambda = 546{,}1$ $\mu\mu$ bei Gittern, welche z. B. etwa $s = 1$ *mm* und $\mu = 1{,}578$ haben, je nach den genauen Werten der Größen s, t und μ in der Minimumstellung der Einfallswinkel θ_m Werte annimmt, die zwischen Null und $\pm 2' 34''$ liegen.

Die Streifen sind auch für ein beliebiges, aber festes θ immer äquidistant, und zwar ergibt sich für die Entfernung $\Delta\psi'$ zweier benachbarter Streifen, d. i. die Winkeltrennung zweier Ordnungen derselben Linie, der Ausdruck

$$\Delta\psi' = \frac{1}{r}, \qquad 7)$$

wo

$$r = n_1 \cos\theta + n_2 \sin\theta \qquad 8)$$

ist.

Es gibt nun zwei Methoden zur Benutzung des Stufengitters. Die erste Methode besteht darin, das Gitter auf die Minimalablenkung des Hauptstreifens zu bringen, also

$\theta = \theta_m$ zu machen. Ist dann genau $\varrho = 0$ und demnach $\psi'_m = 0$, sowie $\theta_m = 0$, so erhält man nur einen einzigen hellen Streifen in der Mitte des Gesichtsfeldes, während alle benachbarten gänzlich verschwinden. Wir wollen die Intensität dieses hellen Streifens $J = 1$ setzen. Die folgenden Angaben für die Intensitäten gelten dann nämlich für die gleichen Versuchsbedingungen, zumal für den gleichen Wert von ns. Ist weiter $\varrho = \pm 1/_2$, so wird die Intensität des mittleren Streifens (Lage ψ'_m) $J = 0{,}41$, also um mehr als die Hälfte geschwächt; dafür sind aber auch die benachbarten Streifen sichtbar, deren Intensität mit wachsendem Abstande der Streifen vom mittleren rasch abnimmt. Zwischen diesen zwei Grenzfällen liegen die Intensitäten für die übrigen Fälle, bei denen ϱ einen Wert zwischen Null und $\pm 1/_2$ annimmt.

Für das Dispersionsvermögen des Gitters gilt allgemein, wenn wieder, ähnlich wie in Gl. 2), m der zum Beugungswinkel ψ' gehörige Wert ist, der Ausdruck

$$\frac{d\psi'}{d\lambda} = \frac{1}{r}\left(n_2 \frac{d\mu}{d\lambda} - \frac{m}{\lambda}\right). \qquad 9)$$

Im besonderen werde unter der Dispersion $\delta\psi'$ die Änderung von ψ' für $\delta\lambda = 0{,}001\ \mu\mu$ verstanden, dann wird bei Angabe von λ in $\mu\mu$ allgemein

$$\delta\psi' = \frac{0{,}001}{r}\left(n_2 \frac{d\mu}{d\lambda} - \frac{m}{\lambda}\right). \qquad 10)$$

Speziell für den mittleren Streifen ergibt sich mit ausreichender Genauigkeit, wenn man m durch $n_2\ (\mu - 1)$ ersetzt,

$$\delta\psi' = \frac{0{,}001}{r}\, n_2 \left(\frac{d\mu}{d\lambda} - \frac{\mu - 1}{\lambda}\right). \qquad 11)$$

Die zweite und vorteilhaftere Beobachtungsmethode mit dem Stufengitter besteht darin, zwei benachbarte Streifen in der Nähe der optischen Achse des Fernrohres auf gleiche Helligkeit zu bringen, wobei sich dann das zu erforschende Spektralgebiet hauptsächlich auf das Intervall zwischen diesen beiden hellen Streifen beschränkt. Sind ψ' und ψ'' die diesen beiden Streifen zukommenden Beugungswinkel, so folgt aus den allgemeinen Formeln für den Fall, daß beide Streifen gleich hell werden sollen,

$$\psi' = -\psi'', \qquad 12)$$

d. h. die beiden Streifen liegen symmetrisch zur optischen Achse des Fernrohres, und es ist nach Gl. 7)

$$\psi' = \frac{1}{2r}. \qquad 13)$$

Dieser Fall trete für den Einfallswinkel θ_i ein, dann ergibt sich

$$\theta_i = \sqrt{\theta_1^2 + \frac{2\mu}{\mu - 1}\left(\frac{i-1}{n_2}\right)}, \qquad 14)$$

wo man für i (Nummer des betreffenden Einfallswinkels) der Reihe nach die positiven ganzen Zahlen 1, 2, 3 ... einzusetzen hat, um die verschiedenen Werte von θ zu erhalten. Dabei ist der kleinste Wert von θ

$$\theta_1 = \sqrt{\frac{\mu}{\mu - 1}\left(\frac{1 - 2\varrho}{n_2}\right)}. \qquad 15)$$

Diese Formeln lehren, daß die Werte von θ_i klein sind und daß die beiden mittleren Streifen gleich hell werden nicht nur für positive, sondern auch für die gleichen negativen Werte von θ. Bezeichnet man die negativen Werte von θ_i mit θ_{-i}, so ist also

$$\theta_i = -\theta_{-i}. \qquad 16)$$

Bei gleicher Nummer i sind aber für θ_i und θ_{-i} die Entfernungen der beiden gleich hellen Streifen verschieden, wie aus den Gl. 7) und 8) folgt. Diese zeigen weiter, daß mit wachsendem i sich $\Delta\psi'$ für die Werte θ_i verkleinert und für die Werte θ_{-i} vergrößert.

Außer den beiden gleich hellen Hauptstreifen sind auch noch Nebenstreifen vorhanden, deren Intensität aber im allgemeinen nur sehr schwach wird. Betreffs der Intensität J_i der Hauptstreifen sei folgendes erwähnt. Ist gerade $\varrho = \pm 1/_2$, also in beiden Fällen $\theta_1 = 0$

(für $\varrho = -\frac{1}{2}$ gibt nämlich Gl. 15) schon den Wert von θ_3, wie aus Gl. 14) folgt), so wird genau wie oben $J_1 = 0{,}41$. Allgemein vermehrt sich mit zunehmendem i die Intensität für die Werte θ_i und vermindert sich für die Werte θ_{-i}, d. h. je kleiner die Entfernung der beiden Hauptstreifen ist, desto größer wird ihre Intensität. So war z. B. bei dem vom Verf. benutzten Stufengitter ($s = 1$ *mm*, $t = 10$ *mm*) für die grüne Hg-Linie $\lambda = 546{,}1\ \mu\mu$ Einfallswinkel $\theta_1 = 35{,}2'$ und $\theta_5 = 2^0\ 3{,}7'$, woraus sich theoretisch berechnet:

$$J_1 = 0{,}48 \qquad J_{-1} = 0{,}31$$
$$J_5 = 0{,}63 \qquad J_{-5} = 0{,}055.$$

Um das Dispersionsgebiet $\Delta\lambda$ zu erhalten, d. h. die Wellenlängen-Änderung, welche der Entfernung $\Delta\psi$ entsprechen würde, braucht man nur in Gl. 9) $d\psi$ durch $\Delta\psi$ und $d\lambda$ durch $\Delta\lambda$ zu ersetzen. Man bekommt dann unter Berücksichtigung von Gl. 7) allgemein

$$\Delta\lambda = \frac{1}{n_1 \frac{d\mu}{d\lambda} - \frac{m}{\lambda}} \tag{17}$$

und damit in Übereinstimmung mit Gl. 10) auch allgemein

$$\delta\psi = 0{,}001 \frac{\Delta\psi}{\Delta\lambda}. \tag{18}$$

Werden für den Fall der beiden gleich hellen Hauptstreifen die von der Nummer i abhängigen Größen mit dem Index i versehen, so lassen sich die Gl. 7) und 18) in der Form schreiben

$$\Delta\psi_i = \frac{1}{r_i}, \tag{19}$$

$$\delta\psi_i = 0{,}001 \frac{\Delta\psi_i}{\Delta\lambda}. \tag{20}$$

Nach Gl. 17) behält nämlich das Dispersionsgebiet $\Delta\lambda$, weil m eine sehr große Zahl ist, praktisch seinen Wert für verschiedene Nummern i. Da $\Delta\lambda$ immer negativ ist, so liegen in der Brennebene des Fernrohres die kleineren Wellenlängen nach rechts zu. Auf das für die praktische Leistungsfähigkeit wichtige Auflösungsvermögen des Stufengitters geht der Verf. nicht näher ein.

Die experimentelle Prüfung bezog sich auf einen Vergleich der beobachteten und berechneten Werte von θ_i, $\Delta\psi_i$ und $\delta\psi_i$ für verschiedene i, wobei der Verf. aber darauf verzichten mußte, bei seinen Beobachtungen die größte zur Zeit überhaupt erreichbare Genauigkeit zu erzielen. Zu den Versuchen wurden die grüne Hg-Linie 546,1 $\mu\mu$ und die gelbe Hg-Linie 579,1 $\mu\mu$ benutzt, die beide von Trabanten begleitet werden. Die Wellenlängen dieser beiden Hauptlinien, sowie ihrer Haupttrabanten wurden mittels eines großen Rowlandschen Diffraktionsgitters im Spektrum dritter Ordnung nach mehreren Rowlandschen Eisennormalen ermittelt und die in der folgenden Tab. 1 zusammengestellten Werte erhalten.

Tabelle 1.

Quecksilberlinie	Hauptlinie	Haupttrabanten	Wellenlängen-Unterschiede	$\delta\lambda$ nach Janicki, Gehrcke, v. Baeyer
grüne	$\lambda = 546{,}0947$	$\lambda' = 546{,}0734$	$\delta\lambda' = \lambda' - \lambda = -0{,}0213$	$\delta\lambda' = -0{,}0239$
gelbe	$\lambda = 579{,}0917$	$\lambda' = 579{,}0816$	$\delta\lambda' = \lambda' - \lambda = -0{,}0101$	$\delta\lambda' = -0{,}0124$
		$\lambda'' = 579{,}1051$	$\delta\lambda'' = \lambda'' - \lambda = +0{,}0134$	$\delta\lambda'' = +0{,}0136$
		$\lambda''' = 579{,}1129$	$\delta\lambda''' = \lambda''' - \lambda = +0{,}0212$	$\delta\lambda''' = +0{,}0234$

Die Werte von $\delta\lambda$ können allerdings nach dem Urteil des Verf. um etwa 10 % unrichtig sein. Die richtigeren Werte, wie sie aus den neueren Untersuchungen von Janicki, Gehrcke und v. Baeyer folgen, hat der Ref. in der letzten Spalte der Tab. 1 zum Vergleich beigefügt.

Die mittlere Breite und Höhe der Gitterstufen wurden mit Hülfe eines Kathetometers zu $s = 0{,}959$ *mm* und $t = 9{,}981$ *mm* bestimmt. Der Brechungsindex des Gitterglases wurde auf Grund der Zahlenangaben berechnet, welche sich in einer von Hilger veröffentlichten, kleinen Notiz über das Stufenspektroskop befinden. Hierin werden die Brechungsexponenten für die Fraunhoferschen Linien C, D und F angegeben. Daraus ergibt sich nach der Cauchyschen Dispersionsformel:

$$\text{grüne Linie} \quad \mu = 1{,}5781 \qquad \frac{d\mu}{d\lambda} = -\,0{,}0_4 8951\ [\mu\mu^{-1}]$$

$$\text{gelbe Linie} \quad \mu = 1{,}5754 \qquad \frac{d\mu}{d\lambda} = -\,0{,}0_4 7447.$$

Für das m der Gl. 4) folgt schließlich $m = 10566$ für die grüne und $m = 9918$ für die gelbe Linie.

Die Beobachtungen mit dem Stufengitter wurden auf zweierlei Art durchgeführt. Erstens maß man die lineare Entfernung der beiden auf gleiche Helligkeit eingestellten Hauptstreifen und zwar für verschiedene i, sowie auch die Entfernung der einzelnen Trabanten von der entsprechenden Hauptlinie direkt mit einem in der Brennebene des Fernrohres befindlichen Okularmikrometer, dessen Schraubenhöhe 0,25 *mm* beträgt und dessen Trommel in 100 Teile geteilt ist. Die so gemessenen Entfernungen lassen sich dann mit Hülfe der Brennweite des Fernrohrobjektivs (524,2 *mm*) in Winkelmaß umrechnen. Ein Trommelteil entspricht 0,9837″.

Zweitens wurden photographische Aufnahmen gemacht und alsdann ausgemessen. Zu dem Zweck ersetzte man den Tubus mit dem Okularmikrometer durch einen solchen mit einer plankonkaven Linse und einer Kassette zur Aufnahme der photographischen Platten. Da diese Linse eine Brennweite von — 118,1 *mm* besaß und vom Fernrohrobjektiv einen Abstand von 450,6 *mm* hatte, so wurden die Bilder der Linien auf der photographischen Platte um das 2,997-fache vergrößert. Die Ausmessung der Platten geschah mittels eines Mikroskops mit beweglichem Tisch, dessen Schraubengang 0,25 *mm* betrug und dessen Trommel in 100 Teile geteilt war. Die so gefundenen Entfernungen der Streifen wurden dann unter Berücksichtigung des obigen Vergrößerungsverhältnisses wieder in Winkelmaß umgerechnet.

In beiden Fällen wurden die entsprechenden Einfallswinkel θ_i auf folgende Weise ermittelt. Man brachte zunächst das Gitter auf die Minimalablenkung des Hauptstreifens und maß die Entfernung der Trabanten von der Hauptlinie. Dagegen wurde der Winkel θ_m nicht direkt bestimmt. Darauf drehte man das Gitter so weit, bis die beiden Hauptstreifen gleich hell erschienen. Diese Drehungswinkel θ'_i bezw. θ'_{-i} des Gitters aus seiner Minimumstellung heraus wurden nun mit Spiegel und Skale gemessen. Der Spiegel war am Gitter

Tabelle 2.

Linie	i	erste Beobachtungsreihe		zweite Beobachtungsreihe		Mittel	Mittel
		θ_i	θ_m	θ_i	θ_m	θ_i	θ_m
grüne	1	30,2′	+ 0,2′	33,4′	+ 0,2′	31,8′	
	2	1° 8,0′	— 0,8′	1° 7,7′	+ 0,7′	1° 7,9′	
	3	1° 29,8′	— 0,4′	1° 30,6′	+ 0,6′	1° 30,2′	
	4	1° 46,7′	+ 1,4′	1° 47,8′	+ 0,6′	1° 47,3′	
			Mittel + 0,1′		Mittel + 0,5′		+ 0,3′
gelbe	1	43,3′	— 0,4′	37,1′	+ 1,4′	40,2′	
	2	1° 14,5′	— 0,3′	1° 11,6′	+ 0,5′	1° 13,0′	
	3	1° 36,8′	+ 0,5′	1° 35,1′	— 0,3′	1° 36,0′	
	4	1° 54,5′	+ 0,9′	1° 53,0′	— 0,6′	1° 53,7′	
			Mittel + 0,2′		Mittel + 0,3′		+ 0,2

in der Nähe seiner Drehungsachse befestigt und 1695,5 *mm* von der Skale entfernt. Dann ist offenbar nach Gl. 16)

$$\theta_i = \frac{\theta'_i - \theta'_{-i}}{2}, \tag{21}$$

$$\theta_m = \frac{-\theta'_i - \theta'_{-i}}{2}. \tag{22}$$

Bei den Okular-Beobachtungen wurden alle Messungen zweimal unabhängig voneinander vorgenommen. Die Resultate für θ_i und θ_m finden sich in der nebenstehenden Tab. 2. Die Werte von θ_i weisen Differenzen bis zu 6,2′ auf. Dies rührt daher, daß es nicht ganz leicht ist, die beiden Streifen auf gleiche Helligkeit einzustellen, und daß eine kleine Temperaturdifferenz schon einen beträchtlichen Einfluß auf den Wert von θ_i ausübt. Mit der Temperatur ändern sich t und μ und somit nach Gl. 14) auch θ_i. Eine Temperaturerhöhung des Gitters um 1° C. erniedrigt z. B. den Wert von θ_1 für die grüne Linie bereits um 9,0′.

Die folgende Tab. 3 enthält die beobachteten Werte von $\Delta\Psi'_i$ und $\delta\Psi'_i$, sowie auch die Werte von $\delta\Psi'$ bei der Minimumstellung θ_m. Diese $\delta\Psi'$ wurden folgendermaßen gefunden. Ist entsprechend der in Tab. 1 definierten Größe $\delta\lambda$ die Entfernung eines Trabanten von der Hauptlinie in Winkelmaß gleich δl_i, so folgt die Dispersion

$$\delta\Psi'_i = 0{,}001 \frac{\delta l_i}{\delta\lambda}. \tag{23}$$

Tabelle 3.

Linie	θ	$\Delta\Psi'_i$ erste Beobachtungsreihe	$\Delta\Psi'_i$ zweite Beobachtungsreihe	$\Delta\Psi'_i$ Mittel	$\delta\Psi'$ erste Beobachtungsreihe nach $\delta\lambda'$	nach $\delta\lambda''$	nach $\delta\lambda'''$	$\delta\Psi'$ zweite Beobachtungsreihe nach $\delta\lambda'$	nach $\delta\lambda''$	nach $\delta\lambda'''$	$\delta\Psi'$ Mittel
grüne	θ_m				− 2,8″			− 2,8″			− 2,8″
	θ_{-1}	2′ 5″	2′ 8″	2′ 6″	− 2,7″			− 2,9″			− 2,8″
	θ_{-2}	2′ 23″	2′ 25″	2′ 24″	− 3,4″			− 3,4″			− 3,4″
	θ_{-3}	2′ 36″	2′ 39″	2′ 38″	− 3,9″			− 3,7″			− 3,8″
	θ_{-4}	2′ 50″	2′ 50″	2′ 50″	− 4,1″			− 4,0″			− 4,0″
	θ_1	1′ 46″	1′ 46″	1′ 46″	− 2,4″			− 2,5″			− 2,4″
	θ_2	1′ 35″	1′ 36″	1′ 35″	− 2,1″			− 2,3″			− 2,2″
	θ_3	1′ 32″	1′ 32″	1′ 32″	− 2,1″			− 2,2″			− 2,1″
	θ_4	1′ 27″	1′ 27″	1′ 27″	− 1,9″			− 2,1″			− 2,0″
gelbe	θ_m				− 3,4″	− 2,0″	− 2,2″	− 2,9″	− 2,2″	− 2,3″	− 2,5″
	θ_{-1}	2′ 17″	2′ 17″	2′ 17″	− 3,0″	− 2,4″	—	− 3,2″	− 2,4″	− 2,5″	− 2,7″
	θ_{-2}	2′ 34″	2′ 37″	2′ 35″	− 3,2″	− 2,7″	—	− 3,7″	− 2,7″	− 3,0″	− 3,1″
	θ_{-3}	2′ 52″	2′ 50″	2′ 51″	− 3,8″	− 3,2″	− 3,3″	− 3,8″	− 3,1″	− 3,2″	− 3,4″
	θ_{-4}	3′ 4″	3′ 4″	3′ 4″	− 4,0″	− 3,3″	− 3,7″	− 4,0″	—	—	− 3,7″
	θ_1	1′ 46″	1′ 52″	1′ 49″	− 2,4″	− 2,0″	—	− 2,7″	− 1,9″	—	− 2,3″
	θ_2	1′ 40″	1′ 41″	1′ 41″	− 2,3″	− 1,7″	—	− 2,4″	− 1,8″	—	− 2,1″
	θ_3	1′ 34″	1′ 36″	1′ 35″	− 2,1″	− 1,7″	—	− 2,2″	—	—	− 2,0″
	θ_4	1′ 31″	1′ 32″	1′ 31″	− 2,1″	− 1,7″	− 1,8″	− 2,0″	—	—	− 1,9″

Für einige Werte unter $\delta\lambda''$ und $\delta\lambda'''$ fehlen die Zahlenangaben (durch Striche angedeutet), weil sich in diesen Fällen die Lage der betreffenden Trabanten nur schlecht bestimmen ließ. Bei der gelben Linie gibt stets $\delta\lambda'$ die größten, $\delta\lambda''$ die kleinsten absoluten Werte für $\delta\Psi'$; diese systematischen Differenzen sind wohl hauptsächlich auf die Ungenauigkeit der Werte $\delta\lambda$ zurückzuführen. Die Übereinstimmung wird eine bessere, wenn man mit

den in der letzten Spalte der Tab. 1 angegebenen Werten von $\delta\lambda$ rechnet, da dann wie erforderlich die Werte für $\delta\psi$ nach $\delta\lambda'$ stark (um 19 %) und die nach $\delta\lambda'''$ weniger stark (um 9,4 %) kleiner werden; die Werte für $\delta\psi$ unter $\delta\lambda''$ werden nur um 1,5 % kleiner.

Bei den photographischen Bestimmungen wurde nur eine Beobachtungsreihe ausgeführt. Jedoch wurde noch bei θ_{-5} eine Aufnahme gemacht. Der Einfallswinkel $\theta_5 = -\theta_{-5}$ ließ sich mittels des aus den übrigen vier Einstellungen ermittelten Wertes von θ_m und des beobachteten Wertes θ'_{-5} nach der aus den Gl. 21) und 22) folgenden Formel

$$\theta_5 = -\theta'_{-5} - \theta_m \qquad 24)$$

berechnen. Die entsprechenden Zahlenwerte sind in den folgenden Tab. 4 und 5 zusammengestellt.

Tabelle 4.

Linie	i	θ_i	θ_m
grüne	1	35,2′	+ 0,5′
	2	1° 9,4′	+ 0,8′
	3	1° 31,2′	+ 1,0′
	4	1° 48,7′	+ 0,5′
	5	2° 3,7′	—
			Mittel + 0,7′
gelbe	1	43,6′	+ 0,2′
	2	1° 14,5′	+ 0,1′
	3	1° 36,4′	+ 0,0′
	4	1° 54,8′	+ 0,9′
	5	2° 10,0′	—
			Mittel + 0,3′

Tabelle 5.

Linie	θ	$\Delta\psi'_i$	$\delta\psi$ nach $\delta\lambda'$	$\delta\psi$ nach $\delta\lambda''$	$\delta\psi$ nach $\delta\lambda'''$	$\delta\psi$ Mittel
grüne	θ_m		— 2,7″			
	θ_{-1}	2′ 9″	— 3,0″			
	θ_{-2}	2′ 27″	— 3,4″			
	θ_{-3}	2′ 40″	— 3,7″			
	θ_{-4}	2′ 52″	— 4,0″			
	θ_{-5}	3′ 4″	— 4,3″			
	θ_1	1′ 45″	— 2,5″			
	θ_2	1′ 37″	— 2,3″			
	θ_3	1′ 32″	— 2,1″			
	θ_4	1′ 29″	— 2,1″			
gelbe	θ_m		— 2,8″	— 2,3″	— 2,5″	— 2,5″
	θ_{-1}	2′ 21″	— 3,1″	— 2,6″	— 2,8″	— 2,8″
	θ_{-2}	2′ 38″	— 3,5″	— 2,9″	— 3,2″	— 3,2″
	θ_{-3}	2′ 53″	— 3,8″	— 3,2″	— 3,4″	— 3,5″
	θ_{-4}	3′ 8″	— 4,1″	— 3,4″	— 3,7″	— 3,7″
	θ_{-5}	3′ 21″	— 4,4″	— 3,7″	— 4,0″	— 4,0″
	θ_1	1′ 49″	— 2,4″	— 2,0″	— 2,1″	— 2,2″
	θ_2	1′ 42″	— 2,2″	— 1,9″	— 2,0″	— 2,0″
	θ_3	1′ 36″	— 2,1″	— 1,8″	— 1.9″	— 1,9″
	θ_4	1′ 33″	— 2,0″	— 1,7″	— 1,8″	— 1,8″

Auch hier gibt wieder bei der gelben Linie ausnahmslos $\delta\lambda'$ die größten und $\delta\lambda''$ die kleinsten absoluten Werte für $\delta\Psi'$, was auf dem bereits oben angeführten Grunde beruht. Die Okular-Beobachtungen stimmen mit den photographischen ziemlich gut überein.

Zuerst werde die Theorie mit den Beobachtungsresultaten an den Werten θ_i verglichen. Wie man leicht erkennt, sind θ_1 und θ_m nicht gut berechenbar, da nach den Beobachtungsdaten die Größen $n_2\,(\mu - 1) = m + \varrho$ schon um mehrere Einheiten in den Einern unrichtig sein können und somit ϱ unbestimmbar bleibt. Für die grüne Linie verursacht z. B. ein Fehler von $+\,0{,}0_41$ (einer Einheit in der fünften Dezimale) in μ bereits einen Fehler von $-10'$ in θ_1 und ein Fehler von $+\,0{,}0_31$ *mm* in t einen Fehler von $-5{,}9'$ in θ_1. Dadurch erklärt sich auch der schon erwähnte starke Einfluß der Temperatur auf den Wert von θ_1.

Man muß daher den Wert θ_1 den Beobachtungen selbst entnehmen und kann dann die übrigen Werte θ_i nach der Gl. 14) berechnen. In diesem Falle übt ein Fehler von t und μ einen sehr erheblich geringeren Einfluß aus. In der folgenden Tab. 6 sind nun die so berechneten θ_i den beobachteten gegenübergestellt; die Übereinstimmung ist eine befriedigende.

Tabelle 6.

i	Okular-Beobachtungen				photographische Beobachtungen			
	grüne Linie		gelbe Linie		grüne Linie		gelbe Linie	
	θ_i ber.	θ_i beob.	θ_i ber.	θ_i beob.	θ_i ber.	θ_i beob.	θ_i ber.	θ_i beob.
1	—	31,8′	—	40,2′	—	35,2′	—	43,6′
2	1° 7,4′	1° 7,9′	1° 13,3′	1° 13,0′	1° 9,1′	1° 9,4′	1° 15,2′	1° 14,5′
3	1° 29,8′	1° 30,2′	1° 35,5′	1° 36,0′	1° 31,1′	1° 31,2′	1° 37,0′	1° 36,4′
4	1° 47,7′	1° 47,3′	1° 53,5′	1° 53,7′	1° 48,8′	1° 48,7′	1° 54,7′	1° 54,8′
5	—	—	—	—	2° 3,9′	2° 3,7′	2° 10,1′	2° 10,0′

Mit Ausnahme von θ_1 wurden bei der Berechnung der in der nächsten Tab. 7 folgenden Größen $\Delta\Psi'_i$ nach den Gl. 8) und 19) die berechneten Werte von θ_i benutzt.

Tabelle 7.

θ_i	Okular-Beobachtungen				photographische Beobachtungen			
	grüne Linie		gelbe Linie		grüne Linie		gelbe Linie	
	$\Delta\Psi'_i$ ber.	$\Delta\Psi'_i$ beob.	$\Delta\Psi'_i$ ber.	$\Delta\Psi'_i$ beob.	$\Delta\Psi'_i$ ber.	$\Delta\Psi'_i$ beob.	$\Delta\Psi'_i$ ber.	$\Delta\Psi'_i$ beob.
θ_{-1}	2′10″	2′ 6″	2′22″	2′17″	2′11″	2′ 9″	2′23″	2′21″
θ_{-2}	2′28″	2′24″	2′40″	2′35″	2′29″	2′27″	2′41″	2′38″
θ_{-3}	2′41″	2′38″	2′55″	2′51″	2′42″	2′40″	2′56″	2′53″
θ_{-4}	2′54″	2′50″	3′10″	3′ 4″	2′55″	2′52″	3′11″	3′ 8″
θ_{-5}	—	—	—	—	3′ 8″	3′ 4″	3′26″	3′21″
θ_1	1′47″	1′46″	1′51″	1′49″	1′46″	1′45″	1′50″	1′49″
θ_2	1′38″	1′35″	1′42″	1′41″	1′37″	1′37″	1′41″	1′42″
θ_3	1′32″	1′32″	1′37″	1′35″	1′32″	1′32″	1′36″	1′36″
θ_4	1′29″	1′27″	1′33″	1′31″	1′28″	1′29″	1′32″	1′33″

Da die größte Differenz nur 6″ beträgt, so ist wiederum eine genügende Übereinstimmung vorhanden. Für die grüne Linie erzeugt ein Fehler von $+1'$ in θ_i einen Fehler von $-0{,}19''$ in $\Delta\Psi'_i$ bei $\theta_i = 2^\circ$ und einen solchen von $-0{,}88''$ in $\Delta\Psi'_i$ bei $\theta_{-i} = -2^\circ$, ein Fehler von $+\,0{,}01$ *mm* in t einen solchen von $-0{,}023''$ in $\Delta\Psi'_i$ bei $\theta_i = 2^\circ$ und von $+\,0{,}11''$ bei $\theta_{-i} = -2^\circ$, schließlich ein Fehler von $+\,0{,}01$ *mm* in s einen solchen von $-0{,}66''$ in $\Delta\Psi'_i$ bei $\theta_i = 2^\circ$ und von $-3{,}0''$ bei $\theta_{-i} = -2^\circ$. Eine Temperaturerhöhung des Gitters um 1° C. verkleinert daher bei konstant gehaltenem θ den Wert $\Delta\Psi'$ höchstens (für $\theta = -2^\circ$) um 0,0016″.

Die Berechnung der Dispersionen $\delta\psi'_i$ erfolgt nach Gl. 20) unter Zugrundelegung der berechneten Werte von $\Delta\psi'_i$, denn das Dispersionsgebiet $\Delta\lambda$ ergibt sich auf Grund der früher angegebenen Zahlendaten aus der Gl. 17). Es ist für die grüne Linie $\Delta\lambda = -0{,}04766\ \mu\mu$ und für die gelbe Linie $\Delta\lambda = -0{,}05432\ \mu\mu$. Um die Genauigkeit der Werte $\Delta\lambda$ kennen zu lernen, wollen wir die Fehler der in Betracht kommenden Größen t, μ und $d\mu/d\lambda$ verhältnismäßig groß wählen, nämlich den Fehler von t zu 0,01 *mm*, denjenigen von μ zu $0{,}0_35$ (fünf Einheiten der vierten Dezimale) und denjenigen von $d\mu/d\lambda$ zu $0{,}0_52\ \mu\mu^{-1}$. Für die grüne Linie beträgt dann der Fehler von $\Delta\lambda$ im ungünstigsten Falle $0{,}0_317\ \mu\mu$. Nimmt man nun noch die Genauigkeit der $\Delta\psi'_i$ zu 3" an und benutzt für $\Delta\psi'_i$ den größten Wert 3' 8", so ergibt sich im ungünstigsten Falle der Fehler der berechneten $\delta\psi'_i$ zu 0,08".

Im Falle der Minimumstellung θ_m geschieht die Berechnung der $\delta\psi'$ nach den Gl. 8), 7) und 18). In der folgenden Tab. 8 sind die berechneten und beobachteten Werte von $\delta\psi'$ zusammengestellt.

Tabelle 8.

θ	Okular-Beobachtungen				photographische Beobachtungen			
	grüne Linie		gelbe Linie		grüne Linie		gelbe Linie	
	$\delta\psi'$ ber.	$\delta\psi'$ beob.	$\delta\psi'$ ber.	$\delta\psi'$ beob.	$\delta\psi'$ ber.	$\delta\psi'$ beob.	$\delta\psi'$ ber.	$\delta\psi'$ beob.
θ_m	− 2,5"	− 2,8"	− 2,3"	− 2,5"	− 2,5"	− 2,7"	− 2,3"	− 2,5"
θ_{-1}	− 2,7"	− 2,8"	− 2,6"	− 2,7"	− 2,8"	− 3,0"	− 2,6"	− 2,8"
θ_{-2}	− 3,1"	− 3,4"	− 2,9"	− 3,1"	− 3,1"	− 3,4"	− 3,0"	− 3,2"
θ_{-3}	− 3,4"	− 3,8"	− 3,2"	− 3,4"	− 3,4"	− 3,7"	− 3,2"	− 3,5"
θ_{-4}	− 3,7"	− 4,0"	− 3,5"	− 3,7"	− 3,7"	− 4,0"	− 3,5"	− 3,7"
θ_{-5}	—	—	—	—	− 3,9"	− 4,3"	− 3,8"	− 4,0"
θ_1	− 2,2"	− 2,4"	− 2,0"	− 2,3"	− 2,2"	− 2,5"	− 2,0"	− 2,2"
θ_2	− 2,0"	− 2,2"	− 1,9"	− 2,1"	− 2,0"	− 2,3"	− 1,9"	− 2,0"
θ_3	− 1,9"	− 2,1"	− 1,8"	− 2,0"	− 1,9"	− 2,1"	− 1,8"	− 1,9"
θ_4	− 1,9"	− 2,0"	− 1,7"	− 1,9"	− 1,9"	− 2,1"	− 1,7"	− 1,8"

Betrachtet man die absoluten Werte der $\delta\psi'$, so sind die beobachteten ausnahmslos größer als die berechneten, und zwar bis zu 0,4". Diese systematischen Abweichungen verschwinden indessen und die Übereinstimmung wird eine viel schönere, wenn man bei der Berechnung der beobachteten $\delta\psi'$ wieder die in der letzten Spalte der Tab. 1 angegebenen Werte von $\delta\lambda$ benutzt. In der Tab. 8 werden dann nämlich die $\delta\psi'$ beob. für die grüne Linie um 11% kleiner, diejenigen für die gelbe Linie bei den photographischen Beobachtungen um 9,8% kleiner; bei den Okular-Beobachtungen werden die $\delta\psi'$ beob. für die gelbe Linie teilweise noch etwas stärker als 9,8% kleiner, weil einige Werte von $\delta\psi'$ für $\delta\lambda''$ und $\delta\lambda'''$ nicht beobachtet worden sind. Der Vergleich für die $\delta\psi'$ wäre dann also mit drei gültigen Ziffern durchzuführen gewesen.

Zumeist wird das Stufengitter in der Weise angewendet, daß man die Dispersionen $\delta\psi'$ nach Gl. 18) bestimmt und darauf nach Gl. 23) die Werte für $\delta\lambda$ ermittelt. Das heißt: mißt man die Entfernung $\Delta\psi'$ zweier benachbarter Streifen derselben Hauptlinie und die Entfernung δl des Trabanten von dem richtig zugeordneten Hauptstreifen, so ist

$$\delta\lambda = \delta l \frac{\Delta\lambda}{\Delta\psi'}. \qquad 25)$$

In Anbetracht der vielen aus den Beobachtungen entnommenen Größen, welche bei dieser Prüfung der Theorie des Stufenspektroskops zugrunde gelegt sind, kann die Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung als eine befriedigende bezeichnet werden.

Zum Schluß werde noch angegeben, in welchem Sinne sich die Größen mit wachsender Wellenlänge der entsprechenden Spektrallinie ändern. Es ist, wenn $|b|$ den absoluten Wert von b bezeichnet,

$$\frac{d\mu}{d\lambda} < 0, \quad \frac{d\left|\frac{d\mu}{d\lambda}\right|}{d\lambda} < 0, \quad \frac{d\frac{\mu}{\mu-1}}{d\lambda} > 0, \quad \frac{dn_1}{d\lambda} < 0,$$

$$\frac{dn_2}{d\lambda} < 0, \quad \frac{dm}{d\lambda} < 0, \quad \frac{d|\theta_i|}{d\lambda} > 0, \quad \frac{dr_i}{d\lambda} < 0,$$

$$\frac{d(\varDelta\psi'_i)}{d\lambda} > 0, \quad \frac{d|\varDelta\lambda|}{d\lambda} > 0, \quad \frac{d|\delta\psi'_i|}{d\lambda} < 0.$$

Wir hatten oben gesehen, daß bei konstantem θ sich $\varDelta\psi'$ nur sehr wenig mit der Temperatur ändert. Dagegen ist der Beugungswinkel ψ' eines Streifens sehr stark von der Temperatur abhängig, d. h. die Streifen werden sich bei Temperaturänderungen bedeutend im Gesichtsfelde verschieben. Bedeutet τ die Temperatur in Celsiusgraden und α den Ausdehnungskoeffizienten des Gitterglases, so ist nämlich allgemein bei unverändertem θ

$$\frac{d\psi'}{d\tau} = \frac{n_2}{r}\left\{\frac{d\mu}{d\tau} + \alpha(\mu - 1)\right\}. \qquad 26)$$

Daraus ergibt sich für die grüne Linie, daß eine Temperaturänderung um 1° C. die Streifen für $\theta = 0$ schon um 19″ und im fünften Spektrum für $\theta = -2° 4'$ sogar um 30″ verschiebt. Sollen daher bei photographischen Aufnahmen von längerer Expositionsdauer scharfe Bilder der Linien erhalten werden, so dürfen die Temperaturschwankungen nur sehr geringe sein. *Schck.*

Photographisches Objektiv, das eine Uranglaslinse enthält.

Von M. Houdaille. *Bull. de la Soc. Franç. de Photographie* **23.** *S. 212. 1907.*

Da die Verwendung von Farbfiltern sich in der Photographie mehr und mehr einführt, hat sich Houdaille gefragt, ob es nicht zweckmäßig wäre, das Objektiv selbst als Filter zu benutzen. Nach Rücksprache mit der Firma Parra-Mantois wurde ein dahin gehender Versuch mit einem Uranglase gemacht, welches bei 10 *mm* Dicke 10% der sichtbaren und 50% der auf die photographische Platte wirksamen Strahlen absorbiert. Aus diesem Glase wurde die Sammellinse eines photographischen Objektives geschliffen, dessen Typus nicht bezeichnet wird. Das Objektiv wurde von Houdaille berechnet und von Gilmer ausgeführt.

Nach Fertigstellung verglich es Houdaille mit einem ähnlichen Objektiv aus farblosem Glas. Bei gleich langer Exposition waren die mit dem Uranglasobjektiv erhaltenen Negative viel reiner und konnten länger entwickelt werden, als die mit dem farblosen Objektiv erhaltenen. Die den gelben Farben entsprechenden Töne wurden verstärkt, die den blauen entsprechenden geschwächt. Außerdem stellte sich heraus, daß die mit dem Uranglasobjektiv erhaltenen Platten gleichmäßiger bis zum Rande hell waren.

Dem Ref. scheint, daß beim Vergleich der beiden Objektive eine Uranglasplatte vor das farblose hätte gebracht werden müssen. Daß Farbfilter in gewissen Fällen nützlich sind, wird wohl niemand bezweifeln; es fragt sich aber, ob es in der Praxis nicht vorteilhafter ist, Objektiv und Filter zu trennen, um dieses nach Wunsch stärker oder schwächer wählen oder auch ganz ausschalten zu können. Abgesehen von der Aufhebung der Reflexionsverluste am Filter, hat die vom Verf. vorgeschlagene Kombination nur den Vorteil, daß durch die stärkere Absorption der Zentralstrahlen durch die dickeren Teile der Linse der sonst unvermeidliche Helligkeitsabfall gegen den Rand kompensiert werden kann. Zu diesem Zwecke hatte schon R. H. Bow die Verwendung gefärbter Sammellinsen vorgeschlagen (siehe M. v. Rohr, Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs. *S. 204*).

P. Culmann.

Analyse von Wechselstromkurven.

Von H. Vavrečka. *Elektrotechn. Zeitschr.* ***28.*** *S. 482. 1907.*

Die Methode von **Vavrečka** beschränkt sich auf den Fall, daß die die Kurve darstellende Reihe nur Sinusglieder enthält, daß nur Oberschwingungen mit ungerader Ordnungszahl vorhanden sind, sowie daß nur die Oberschwingungen bis zur 9-fachen Frequenz der Grundschwingung merkliche Werte haben. Die Kurve soll also dargestellt werden können durch eine Reihe

$$y = \Sigma\, a_x \sin x\, \alpha \qquad (x = 1, 3 \ldots 9).$$

Damit ist der Anfangspunkt der Abszissen in den Schnittpunkt von Kurve und Abszissenachse gelegt. Es werden nun die Ordinaten abgemessen, die den Abszissen $\pi/2$, $\pi/3$, $\pi/4$ und $\pi/6$ entsprechen, und folgende Größen gebildet:

$$s_1 = y_{\pi/2} \qquad s_2 = \frac{2\, y_{\pi/4}}{\sqrt{2}} \qquad s_3 = \frac{2\, y_{\pi/3}}{\sqrt{3}} \qquad s_4 = 2\, y_{\pi/6}$$

Schließlich wird im Anfangspunkt der Koordinaten eine Tangente an die Kurve gelegt und die trigonometrische Tangente ihres Winkels mit der Abszissenachse gemessen ($= s_5$). Daraus folgen die Gleichungen

$$\begin{aligned}
s_1 &= a_1 - a_3 + a_5 - a_7 + a_9 \\
s_2 &= a_1 + a_3 - a_5 - a_7 + a_9 \\
s_3 &= a_1 - a_5 + a_7 \\
s_4 &= a_1 + 2\,a_3 + a_5 - a_7 - 2\,a_9 \\
s_5 &= a_1 + 3\,a_3 + 5\,a_5 + 7\,a_7 + 9\,a_9 .
\end{aligned}$$

Hieraus berechnet man[1])

$$\begin{aligned}
a_1 &= \frac{8\,s_1 + 12\,s_3 + 4\,s_4}{24} \\
a_3 &= \frac{-7\,s_1 + 6\,s_2 - 4\,s_3 + 4\,s_4 + s_5}{24} \\
a_5 &= \frac{5\,s_1 - 6\,s_2 - 4\,s_3 + 4\,s_4 + s_5}{24} \\
a_7 &= \frac{-3\,s_1 - 6\,s_2 + 8\,s_3 + s_5}{24} \\
a_9 &= \frac{s_1 + 6\,s_2 - 4\,s_3 - 4\,s_4 + s_5}{24} .
\end{aligned}$$

Die Größen s werden durch geometrische Konstruktionen gefunden, und es wird betont, daß hierdurch diese Methode gegenüber der bekannten Methode, welche Ordinaten zu äquidistanten Abszissen benutzt[2]), vereinfacht ist. Dem Ref. will es scheinen, daß Benutzung des Rechenschiebers mindestens ebenso einfach ist. Ein wesentlicher Unterschied gegenüber der zuletzt erwähnten Methode liegt darin, daß die Tangente im Anfangspunkt mitbenutzt wird. Dagegen kann man zwei Bedenken haben: erstens läßt sich diese Tangente oft nur ziemlich unbestimmt konstruieren, und zweitens machen sich eventuell vorhandene höhere Oberschwingungen störend bemerkbar, weil in s_5 jede Amplitude a_x mit ihrer Ordnungszahl multipliziert ist; dadurch können aber nennenswerte Summanden unterdrückt werden.

Werden weniger als vier Ordinaten gemessen, so erhält man dementsprechend weniger Glieder a; in diesen Fällen dürfte es aber sicher ebenso einfach sein, die Methode von Fischer-Hinnen zu benutzen. *E. O.*

---

[1]) Die Formeln der Originalarbeit enthalten mehrfach Druckfehler.

[2]) Vgl. z. B. Orlich, Aufnahme und Analyse von Wechselstromkurven. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1906. *S. 76 u. folg.*

Neu erschienene Bücher.

J. Kozák, Grundprobleme der Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Lex. 8°. I. Bd. XV, 263 S. m. 10 Fig. Wien u. Leipzig, C. Fromme 1907. 11 M.

Der Verf., Artillerie-Stabsoffizier beim k. k. Technischen Militärkomitee, will mit diesem Werk eine Anleitung zum Gebrauch der Wahrscheinlichkeitslehre und der Methode der kleinsten Quadratsumme in der Schießlehre geben; wenigstens soll sich der in Aussicht gestellte II. Bd. mit diesem eigentlichen Gegenstand des Werks beschäftigen, während der hier vorliegende I., z. T. in Anlehnung an die Schriften von Czuber (der auch das Manuskript durchgesehen und manche Anregungen gegeben hat) in absichtlich großer Ausführlichkeit die theoretischen Grundlagen behandelt.

Die Anordnung des Stoffes ist folgende: I. Fehlergattungen (die regelmäßigen Fehler darf man nicht schlechthin mit den groben Fehlern zur Gruppe der „*vermeidlichen*“ zusammenfassen [*S. 3*], auch wären wohl neben den aufgezählten drei Arten von Fehlern noch konstante Fehler zu nennen); II. Fehlergesetz (Fehlerwahrscheinlichkeitsfunktion); III. Genauigkeitsmaße (durchschnittlicher, mittlerer und wahrscheinlicher Fehler und Beziehungen zwischen ihnen); IV. Direkte Beobachtungen (nämlich zunächst einer Unbekannten; die Verwendung der Differenzen von Doppelbeobachtungen zur Genauigkeitsberechnung [*S. 117*] ist nicht von Jordan ausgegangen, sondern viel älter, und Dienger hat 1858 zuerst auf die hier allgemein begangene Unrichtigkeit aufmerksam gemacht, einen Fehler, der dann 1869 von Jordan auch in der Besselschen Berechnung seiner ostpreußischen Basismessung nachgewiesen und weiter verfolgt wurde); V. Vermittelnde Beobachtungen (hier wird auch die „näherungsweise Darstellung von Funktionen“ behandelt); VI. Bedingte (aber nur bedingte direkte) Beobachtungen; VII. Vergleichung des Fehlergesetzes mit der Erfahrung; VIII. Der kleinste und der größte Fehler einer Beobachtungsreihe; IX. Ausschließung widersprechender Beobachtungen (Kriterien von Peirce, Chauvenet, Stone, nach Czuber behandelt).

Beigegeben sind einige Tabellen über Fehlerwahrscheinlichkeit, zur Berechnung des wahrscheinlichen Fehlers aus dem mittleren und aus dem durchschnittlichen, zum Chauvenetschen Kriterium, endlich kurze Quadrat- und Quadratwurzeltafeln.

Das Werk wird erst nach Erscheinen des II. Bandes zu beurteilen sein. Der vorliegende I. Band unterscheidet sich wenig von vorhandenen Darstellungen; jedenfalls ist aber anzuerkennen das Streben nach Einfachheit und Leichtverständlichkeit ohne Aufgeben der Gründlichkeit. Hat es der Verf. absichtlich vermieden, die *Beispiele* des I. Bandes bereits dem Stoffgebiet des II. zu entnehmen oder zu nähern? Es sind mit Vorliebe geodätische Beispiele gewählt, während das Buch doch nicht auf die Behandlung geodätischer Aufgaben vorbereiten soll. *Hammer.*

E. Rutherford, Die Radioaktivität. Unter Mitwirkung des Verfassers ergänzte autorisierte deutsche Ausgabe von Prof. Dr. E. Aschkinass. gr. 8°. X, 597 S. m. Fig. Berlin, J. Springer 1907. 16 M.; geb. in Halbleder 18,50 M.

Der Name Rutherford allein bietet genügende Sicherheit für die Zuverlässigkeit des vorliegenden Werkes, das die Gesamtheit der bisher auf dem Gebiet der Radioaktivität gewonnenen Erkenntnisse zusammenfaßt und in dieser Richtung vom Übersetzer unter Mitwirkung des Autors bis auf die neueste Zeit ergänzt worden ist. Der sehr gut gelungenen Übersetzung liegt die vor etwa einem Jahr erschienene zweite Auflage des englischen Originals zugrunde.

Von den 14 Kapiteln und zwei Nachträgen des Buches ist ein besonderes Kapitel der Ionisation der Gase gewidmet, die für die Radioaktivität von großer Bedeutung ist, weil gerade die Ionisierung der Luft oder des umgebenden Gases eine äußerst wichtige Eigenschaft der neuen Strahlen darstellt. Durch fortwährende Messung der Ionisation, die ein viel empfindlicheres Mittel zum Nachweis von Radium liefert als die Spektralanalyse, konnte allein der Weg zur Isolierung der radioaktiven Stoffe gefunden werden. Weitere Kapitel

handeln von den bei der Forschung hauptsächlich angewendeten Meßmethoden sowie den Eigenschaften und Wirkungen der neuen Strahlen. In welchem Maße in dem Buch auch Einzelheiten behandelt werden, die mit der Radioaktivität nicht in direktem Zusammenhang stehen, dafür bietet die Beschreibung der Kaufmannschen Versuche über das Verhältnis von Ladung zu Masse bei den sehr schnell bewegten Elektronen (β-Strahlen) ein Beispiel. Ausführlich wird hier der Umstand erörtert, daß die Versuche zu dem Schluß lediglich scheinbarer Masse der Elektronen führen. Großes Interesse bietet auch die Beschreibung der neuesten Versuche über die α-Strahlen, die man als identisch mit Heliumatomen ansieht und die, falls diese Annahme richtig ist, das Doppelte des Elementarquantums der Elektrizität mit sich führen müssen. Für die Kenntnis der α-Strahlen ist ferner von Bedeutung, daß sie nur oberhalb einer gewissen Geschwindigkeit ($^1/_{20}$ Lichtgeschwindigkeit) die Fähigkeit besitzen, Gase zu ionisieren, die photographische Platte zu schwärzen und Phosphoreszenz zu erregen. Im neunten Kapitel wird die von Rutherford aufgestellte, so überaus fruchtbare Theorie des Atomzerfalls näher besprochen, die die Grundvorstellungen über den Aufbau der Materie neu beleuchtet. Es handelt sich nach dieser Theorie nicht um eine stetig verlaufende Veränderung der gesamten Masse eines radioaktiven Körpers, sondern um eine sprungweise vor sich gehende Umwandlung einer bestimmten Zahl seiner kleinsten Teilchen. Es wird hierbei angenommen, daß die Zahl der pro Sekunde zerfallenden Atome stets der noch vorhandenen Anzahl nicht zerfallener Atome proportional ist. Dem Autor sowie einer Reihe anderer Forscher ist es durch zahlreiche Versuche gelungen, die ursprüngliche Hypothese zur Tatsache zu erheben. Die Zerfallsprodukte zerfallen weiter und so fort. Beim Radium kennt man bereits sieben verschiedene Umwandlungsstufen, von denen die sechs letzten mit den Buchstaben *A* bis *F* bezeichnet sind. Man kann es als einen Triumph dieser Zerfallstheorie ansehen, daß es gelungen ist, die anfangs für selbständige Stoffe geltenden Körper wie Polonium und Radiotellur als identisch mit Radium *F* nachzuweisen und festzustellen, daß Radioblei wahrscheinlich nichts anderes als ein Gemisch von Radium-*D*, -*E* und -*F* ist. Auch ist die Entstehung des Radiums aus dem sich sehr langsam umwandelnden Uran ziemlich sichergestellt und man vermutet, daß für Thorium und Aktinium ähnliches gilt. Selbst für die Anschauung, daß alle chemischen Elemente in äußerst langsamem Zerfall begriffen sind, fehlt es nicht an Stützpunkten. Der Energieentwickelung der radioaktiven Stoffe und der atmosphärischen Aktivität sind weitere Kapitel gewidmet. Ein sehr ausführliches Inhaltsverzeichnis bildet den Schluß des Buches. *Hng.*

H. Bouasse, *Bases physiques de la musique.* 8°. 118 S. Paris 1906. Kart. 2 M.

M. Brillouin, *Leçons sur la viscosité des liquides et des gaz.* In 2 Tln. Tl. I: *Généralités; viscosité des liquides.* gr. 8°. 228 S. m. 65 Fig. Paris, Gauthier-Villars 1907. 7,50 M.

L. Poincaré, *The Evolution of modern Physics.* 8°. London 1907. Geb. in Leinw. 5,50 M.

J. H. Poynting, *Pressure of Light.* 8°. London 1907. 1,50 M.

J. H. Poynting u. J. J. Thomson, *Textbook of Physics: Properties of Matter.* 4. Ausg. 8°. 236 S. London 1907. Geb. in Leinw. 11 M.

J. W. Roller, *Electric and magnetic Measurements and Measuring Instruments.* 8°. 398 S. m. Fig. New York 1907. Geb. in Leinw. 16 M.

S. Schulz-Euler, Leonhard Euler. Ein Lebensbild zu seinem 200. Geburtstage, nach Quellen u. Familienpapieren bearb. 8°. 39 S. m. 2 Portr. Frankfurt a. M., C. F. Schulz 1907. 1,50 M.

K. Arndt, Technische Anwendungen der physikalischen Chemie. gr. 8°. VII, 304 S. m. 55 Abbildgn. Berlin, Mayer & Müller 1907. 7 M.; geb. in Leinw. 8 M.

W. C. D. Whetham, Die Theorie der Experimental-Elektrizität. Aus dem Englischen von Prof. G. Siebert. gr. 8°. VIII, 358 S. m. 123 Abbildgn. Leipzig, J. A. Barth 1907. 8 M; geb. 8,80 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVII. Jahrgang. **August 1907.** Achtes Heft.

Siegfried Czapski.

Von

M. von Rohr in Jena.

Die Juli-Nummer dieser Zeitschrift enthielt die Nachricht von dem am 29. Juni ganz unerwartet eingetretenen Tode Siegfried Czapskis, und wenn hier seiner, und zwar seiner wissenschaftlichen Bedeutung, ausführlicher gedacht wird, so geschieht das wohl auch in dankbarer Erinnerung an seine langjährigen Beziehungen zu dieser Zeitschrift, namentlich aber aus dem Grunde, weil die neuere Entwicklung der Kenntnis von den optischen Instrumenten ohne ihn nicht zu denken ist.

Siegfried Czapski wurde am 28. Mai 1861 zu Obra in der Provinz Posen geboren, machte das Gymnasium zu Breslau durch und besuchte seit 1879 die Universitäten Göttingen, Breslau und Berlin, um Physik, Mathematik und Chemie zu studieren. Den Abschluß seines Studiums bildete die Promotion, die er 1884 auf Grund einer Arbeit über die thermische Veränderlichkeit der elektromotorischen Kraft galvanischer Elemente erlangt hatte. Sein Lebensweg erhielt die entscheidende Richtung, als er noch in demselben Jahre mit Ernst Abbe in Berührung kam und im Frühjahr 1885 als sein persönlicher Assistent in die optische Werkstätte von Carl Zeiß eintrat. Sehr bald schon wurde ihm die Prüfung und Verbesserung der Mikroskope übertragen, und an der Ausarbeitung der verschiedenen Stativmodelle nahm er mit der Zeit einen entscheidenden Anteil. Die erste Zeit seiner neuen Stellung war, wie er selbst gelegentlich gern erzählte, besonders arbeitsreich, denn nicht nur handelte es sich für ihn um die Einarbeitung in die ihm ganz neuen Rechenmethoden, sondern der stete Verkehr, der sich bald zwischen Abbe und ihm entwickelte, stellte bald hohe Ansprüche an seine Kenntnisse. Seine Gabe schneller Auffassung kam ihm dabei sehr zustatten, und so machte es sich ganz von selbst, daß er seinem Lehrer und Freunde die Arbeit des Publizierens abnahm, die Abbe schon damals vor allem scheute. Es war eine für Abbe besonders reiche Zeit: endlich nach vierzehn Jahren der Erwartung reifte die Frucht an dem von ihm gepflanzten und gepflegten Baume, die für die Verbesserung des Mikroskops notwendigen Glasarten wurden von Otto Schott geschmolzen, und er selbst leitete die so lange vorbereiteten Rechnungen an den Apochromaten der Vollendung zu. Da war es kein Wunder, daß er die Beschreibung dieser und anderer Arbeiten seinem Assistenten überließ, an dem er die große Freude einer verständnisvollen Teilnahme erlebte.

Ganz ungezwungen ergibt sich somit bei der Darstellung von Czapskis Lebenswerk die erste bis in den Anfang der neunziger Jahre reichende Periode, worin in erster Linie Arbeiten Abbes vorgeführt wurden. Diese Arbeiten wurden fast aus-

nahmslos für die Zeitschrift für Instrumentenkunde geschrieben, und sie beginnen mit den wichtigen Mitteilungen über das Schottsche Glaswerk (*diese Zeitschr.* ***6.*** *S. 293—299, S. 335—348. 1886*). Sie handeln weiter über ein Mikroskopobjektiv von der Apertur 1,60 (*Zeitschr. f. wissensch. Mikroskopie* ***6.*** *S. 417—422. 1889*), über Kristallrefraktometer und kristallographische Mikroskope (*diese Zeitschr.* ***9.*** *S. 360—362. 1889*; ***10.*** *S. 246—255, S. 269—275. 1890*; ***11.*** *S. 94—99. 1891*) und schließlich über das Abbesche Fokometer (*diese Zeitschr.* ***12.*** *S. 185—197. 1892*). Aber auch Instrumente der Werkstätte, wie der große mikrophotographische Apparat (*diese Zeitschr.* ***8.*** *S. 301—310. 1888*), und eigene Vorschläge, wie die farbenfreie Abbildung der Grenze an Polarisationsphotometern (*diese Zeitschr.* ***12.*** *S. 161—162. 1892*), der neue Zeichenapparat (*Zeitschr. f. wissensch. Mikroskopie* ***11.*** *S. 289—298. 1894*) und ein neues Kristallgoniometer (*diese Zeitschr.* ***13.*** *S. 1—5, S. 242—244. 1893*), wurden besprochen. Namentlich das letztgenannte Instrument verdient eine besondere Erwähnung insofern, als dabei die Lehren der Strahlenbegrenzung für die kristallographischen Mikroskope nutzbar gemacht wurden.

Hand in Hand mit dieser eigentlichen Berufstätigkeit aber gingen Arbeiten, die man auf die Vorbereitung zu seinem großen Werk zurückführen muß, mit der er offenbar schon früh begonnen hat. Hierher gehören Erörterungen über das Gesichtsfeld des holländischen Fernrohrs (*diese Zeitschr.* ***7.*** *S. 409—411. 1887*; ***8.*** *S. 102. 1888*), Bemerkungen über die sphärische Korrektion (*diese Zeitschr.* ***8.*** *S. 203—206. 1888*), über eine Methode der Brennweitenbestimmung (*diese Zeitschr.* ***9.*** *S. 16—19. 1889*), über die Richtung der Brennlinien in astigmatischen Büscheln (*Wied. Ann.* ***42.*** *S. 332—337. 1891*), über die voraussichtlichen Grenzen der Auflösung von Mikroskopen (*Zeitschr. f. wissensch. Mikroskopie* ***8.*** *S. 145—155. 1891*). Namentlich diese letzte Schrift hat dadurch eine große Bedeutung erlangt, daß sie zu den wichtigen Arbeiten über Mikrophotographie mit ultraviolettem Licht die Anregung gab. Eine gute Bibliographie, besonders des soeben besprochenen Zeitraums, findet sich, von ihm selbst zusammengestellt, in Poggendorffs biogr.-liter. Handwörterbuch. Nebenher schrieb er eine sehr große Anzahl von kritischen Besprechungen und Rezensionen, häufig belebt durch historische Bemerkungen, zu denen er durch seine Arbeit an dem zusammenfassenden Werk befähigt worden war. Infolge seiner Berufsarbeit — Czapski war inzwischen, 1891, Mitglied der Geschäftsleitung geworden — ziemlich verspätet erschien endlich 1893 diese große Arbeit in dem Winkelmannschen Handbuch der Physik.

Die Theorie der optischen Instrumente nach Abbe ist zweifellos das bedeutendste Werk aus seiner Feder, und man kann sich heute nur sehr schwer den Eindruck vergegenwärtigen, den sein Erscheinen hervorrief. Eine gewisse Hülfe gewährt dazu das ausgezeichnete Referat, das F. Lippich (*diese Zeitschr.* ***14.*** *S. 29—34. 1894*) darüber veröffentlicht hat. Im wesentlichen waren es drei Punkte, worin sich dieses Lehrbuch vollständig von den sonstigen unterschied. Hier sprach Abbes Geist, und es kann nicht wundernehmen, daß die meisten der neuen Vorstellungen, deren bei der Besprechung von Abbes Lebenswerk (*diese Zeitschr.* ***25.*** *S. 61—69. 1905*) gedacht worden war, hier auseinandergesetzt wurden, ja für Anlage und Einteilung des Werkes sich als entscheidend erwiesen.

Zum ersten Male erschien hier im Druck die Theorie Abbes von der Lage und Größe der optischen Bilder: die anscheinend ganz allgemeine Voraussetzung einer durch geradlinige Strahlen vermittelten eindeutigen und eindeutig umkehrbaren optischen Abbildung liefert bereits sehr einschneidende Bestimmungen; sie zieht nämlich eine kollineare Verwandtschaft zwischen Objekt- und Bildraum nach sich

und erlaubt, auf zentrierte Systeme angewandt, die bekannten Definitionsgleichungen für die Brennweiten, die Beziehungen der longitudinalen, lateralen und angularen Vergrößerung sowie die Formeln für die Zusammensetzung verschiedener Abbildungen abzuleiten.

Die Einführung der Strahlenbegrenzung in ein optisches Lehrbuch war ein zweiter Punkt von höchster Wichtigkeit. Die hier mitgeteilten Begriffe waren auf dem allgemeinen Boden der Abbeschen Theorie erwachsen und schon bei ihrer ersten Veröffentlichung (*Jen. Zeitschr. f. Med. u. Naturwiss.* **6.** *S. 281—284. 1871*) durch Abbe selbst im Jahre 1871 im wesentlichen den Bedürfnissen des Mikroskops angepaßt worden. So erschienen sie auch hier und wurden in der von Czapski gewählten Form und in dem von ihm niedergelegten Umfange in die Lehrbücher der Physik aufgenommen, die überhaupt von dieser für die Praxis der Instrumente wichtigsten Neuerung Kenntnis nahmen.

Nicht zu vergessen ist schließlich die Abbesche gesonderte Behandlung der einzelnen Aberrationen nach der Invariantenmethode, die wenigstens im Falle der sphärischen Aberration eines Achsenpunkts, für die Koma im engeren Sinne und für die chromatische Aberration eines Achsenpunkts durchgeführt wurde. Sie trat in einen deutlichen Gegensatz zu der damals noch weiter durchgeführten Methode L. Seidels und hat später zum Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen gedient.

Wie sehr auch Czapski in dem Vorwort zur ersten Auflage selbst betonte, daß er im wesentlichen die Gedanken des Meisters ausführe, so darf doch nicht vergessen werden, daß in jenem Buche eine ganz außerordentlich große Arbeit für den Herausgeber steckte. Wie bereits F. Lippich treffend hervorhob, ist auch die Verbindung der von anderer Hand behauenen Werkstücke verdienstlich, und daneben enthielt die Theorie der optischen Instrumente auch die Ergebnisse von Czapskis eigenen Arbeiten, die, wie er selbst in der Vorrede bemerkte, einige Punkte in der Theorie der Prismen geklärt hatten. Wenn er weiterhin selbst hervorhob, daß er trotz andauernden Verkehrs mit Abbe kaum mehr als den allgemeinen Plan des Werkes habe besprechen können, so ist das allen, die Abbe persönlich kannten, sehr verständlich: die Abneigung gegen das Durchgehen einer fertigen Darstellung (selbst wenn sie ganz aus seiner eigenen Feder stammte) war bei diesem eminent produktiven Geiste so intensiv, daß man gewöhnlich von selbst von einer solchen Bitte absah.

Nach der Herausgabe dieser großen Darstellung kann man in der Publikationstätigkeit Czapskis ein Nachlassen bemerken. Und das kann niemand verwundern, denn schon die Fertigstellung jenes Buches war nur unter großer Mühe mit mannigfachen Verzögerungen und Hemmungen gelungen.

Etwa zwei Jahre darauf glückte ihm die Abfassung einer kürzeren Schrift, die wiederum allgemeine Anerkennung fand, und deren Hauptinhalt bald den neueren Lehrbüchern eingereiht werden sollte. Es ist das sein Vortrag über die neuen Doppelfernrohre mit Prismenumkehrung (*Vereinsbl. d. Deutsch. Gesellsch. f. Mech. u. Opt.* **5.** *S. 49—53, 57—58, 65—70, 73—77. 1895*). War schon die Kenntnis der Typen terrestrischer Einzelrohre vor jenem Vortrage gering gewesen — selbst im Czapskischen Handbuche umfaßt der Abschnitt über das Fernrohr nur etwa 15 Seiten — so hatte man sich mit der Theorie der Doppelfernrohre überhaupt nur in einer kurzen Zeit in und nach den fünfziger Jahren beschäftigt, und die Ergebnisse waren gänzlich in Vergessenheit geraten. Da war es denn kein Wunder, daß man überall bei der Besprechung der neuen Fernrohre die Czapskische Schrift benutzt sieht. Die verschiedenen Lücken waren hier mit gewandter Hand ausgefüllt worden, und des Neuen

wurde an Konstruktionseinzelheiten und durch die Anwendung der Lehre von der Strahlenbegrenzung so viel geboten, daß ein weiteres Forschen unnötig erschien.

Er war auch zu dieser Darstellung besonders geeignet, weil er sich gleich vom Anfang der neunziger Jahre an der neugegründeten Fernrohrabteilung besonders angenommen hatte. Diese Beziehung hat er noch lange Zeit hindurch aufrecht erhalten und sich namentlich mit der Einführung der verschiedenen Prismenfernrohre für militärische Zwecke beschäftigt, mochte es sich nun um die — meistens binokularen — Beobachtungsrohre oder um die — in der Regel unokularen — Zielfernrohre handeln.

Sonstige Arbeiten beziehen sich auf neue Instrumente, die die Firma Carl Zeiß herausbrachte. So beschrieb er in Gemeinschaft mit W. Gebhardt (*Zeitschr. f. wissensch. Mikroskopie* **14**. *S. 289—312. 1897*) das Greenoughsche Doppelmikroskop — dessen Körper er für ein Hornhautmikroskop (*Gräfes Arch. f. Ophth.* **48**. *S. 229—235. 1899*) verwandt hatte — und gab eine Herleitung der Greenoughschen Regel für die Orthomorphie, worin er sich wohl zum ersten Male mit Problemen der Raumerfüllung im beidäugigen Sehen auseinandersetzte.

Mit einem ähnlichen Thema beschäftigte er sich einige Jahre später, als er in einem Streit mit Hegg (*Arch. f. Aug.* **47**. *S. 86—95. 1903*) auf die von K. Bratuschek zur Anpassung an den Augenabstand beim Greenoughschen Doppelmikroskop verwandten Porroschen Prismen zu sprechen kam. Bei dieser Gelegenheit hat er dann auch noch andere wertvolle historische Nachweise über das Auftreten dieser interessanten und wichtigen Konstruktion an binokularen Instrumenten gegeben.

Ein anderer Anlaß zu literarischer Produktion ergab sich für ihn aus den Bedürfnissen der Praxis. So schilderte er (*Jahrb. f. d. Deutsch. Arm. u. Mar. Oktober-Heft 1904*) die durch die Zielfernrohre ermöglichte größere Zielsicherheit. Dem Auge werde das Zielen erleichtert, da man ihm die Akkommodationstätigkeit erspare, die es bei der Anwendung von Kimme und Korn ausüben müsse, und damit falle auch der einseitige Fehler fort, auf den diese Akkommodationsänderung bei irregulärem Astigmatismus führen könne.

Noch im vorigen Jahre kam er der Aufforderung nach, bei der Eröffnung einer photographischen Ausstellung über den Wert der Photographie für die wissenschaftliche Forschung zu sprechen (*Phot. Korr.* **43**. *S. 561—579. 1906;* **44**. *S. 14—24. 1907*). Er erledigte diese Aufgabe mit der ihm eigenen Leichtigkeit in gefälliger Darstellung und trug bei dieser Gelegenheit eine Menge bisher zerstreuten Materials zusammen.

Daß er Abbes nach dem 14. Januar 1905 in mehreren Vorträgen gedachte, ist selbstverständlich, denn niemand hatte diesem Meister so nahe gestanden, war mit seinen Ideen so vertraut wie gerade er. Die großen Opfer an Zeit brachte er gern, und er hat so an seinem Teile noch besonders beigetragen, die großen Ziele Abbes weiteren Kreisen nahe zu bringen.

Seine letzte rein wissenschaftliche Arbeit bezog sich auf die Neuherausgabe des Winkelmannschen Handbuches. Mußte er infolge seiner Überlastung mit Berufsgeschäften die Hauptarbeit auch der jüngeren Kraft von Otto Eppenstein überlassen, so schrieb er doch den Artikel über das Fernrohr vollständig neu und nahm darin die Ergebnisse seiner ersten einführenden Arbeit und die Ergebnisse der späteren historischen Übersicht auf, sodaß der Umfang auf das Dreifache des alten Fernrohrabschnittes stieg.

Komme ich nun zum Schluß auf meine persönlichen Erinnerungen an Siegfried Czapski als Optiker zu sprechen, so muß ich besonderes Gewicht auf eine Eigen-

schaft legen, die bei einer überschauenden Behandlung gar zu leicht zu kurz kommen kann, auf die ungemeine Beweglichkeit seines Geistes, die Gabe einer erstaunlich raschen Auffassung. Eigentlich schon im Jahre 1895, immer öfter aber in den folgenden Jahren, als ich selbständiger arbeitete, habe ich Fachinteressen, neue Instrumente, neue Bücher, die Weiterführung Abbescher Ideen mit ihm besprochen und war dann immer wieder von neuem überrascht, wie leicht dem durch seinen Beruf so sehr in Anspruch genommenen die Auffassung neuer Ideen oder die Würdigung neuer Anwendungsgebiete wurde. Bei einer solchen Anlage ist es durchaus verständlich, daß er in der Gesellschaft Abbes zu dem wichtigen und erfolgreichen Vermittler Abbescher Lehren werden konnte, ja werden mußte, als der er in der Geschichte der Optik weiter leben wird.

Über den Zusammenhang von Koma und Sinusbedingung bei sphärisch nicht korrigierten Systemen.

Von
Dr. F. Staeble in München.

Mit der Aufhebung der sphärischen Abweichung ist nur die scharfe Abbildung eines axialen Objektpunktes gewährleistet, während schon seine nächste Umgebung durch Aberrationen verundeutlicht werden kann. Die praktischen Optiker vermochten diese Unschärfe zu beseitigen, noch ehe die Theorie Aufschluß geben konnte. Als glänzendes Beispiel hierfür darf das berühmte Königsberger Heliometerobjektiv angesehen werden, das Fraunhofer 1825 konstruierte. Auch viele alte Mikroskopobjektive weisen neben einer guten Korrektion des Mittelbildes eine Schärfenausdehnung über ein größeres Gesichtsfeld auf. Es war also in diesen Instrumenten praktisch eine Bedingung erfüllt, welche zur Korrektion der sphärischen Abweichung hinzutreten muß, um die Ausdehnung des brauchbaren Bildfeldes zu steigern. E. Abbe gab als erster i. J. 1873 jenem Kriterium einen mathematischen Ausdruck und einen Beweis auf geometrischer Grundlage[1]). Diese nach ihrem Entdecker benannte Abbesche Sinusbedingung gilt für Systeme beliebiger endlicher Öffnung und stellt ihrer Herleitung entsprechend die *Zusatzbedingung zur sphärischen Korrektion eines Achsenpunktes* vor, welche die Schärfenausdehnung über diesen hinaus wenigstens für ein Flächenelement senkrecht zur Achse gewährleistet. Über ihre Bedeutung bei Nichterfüllung der sphärischen Korrektion urteilt M. v. Rohr[2]): „Bei sphärisch nicht korrigierten Systemen ist der Nutzen der Sinusbedingung ein fraglicher, da dann die bei der Ableitung derselben gemachten Voraussetzungen einer möglichst scharfen Abbildung des Achsenpunktes schon nicht mehr erfüllt sind.“ Tatsächlich scheint auch ihre Betrachtung bei solchen Systemen nach der Art ihrer Herleitung zweck- und sinnlos.

S. Finsterwalder hat aus dem Nachlasse L. Seidels einen Beweis mitgeteilt[3]), nach welchem bei eng geöffneten Systemen die gleichzeitige Erfüllung der sphärischen Korrektion und der Sinusbedingung identisch wird mit der Aufhebung der Koma für schwach geneigte Strahlen. Hierbei fallen zwei Umstände auf: einmal die hier er-

---

[1]) E. Abbe, Beiträge zur Theorie des Mikroskops u. s. w. *Schultzes Arch. f. mikrosk. Anatomie* **9.** *S. 413. 1873.*

[2]) M. v. Rohr, Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs. Berlin, J. Springer 1899. *S. 36.*

[3]) *Sitzungsber. d. Münch. Akad.* **28.** *S. 395. 1898.*

scheinende völlige Unabhängigkeit der Komakorrektion vom Blendenort, während im allgemeinen zwischen beiden eine lineare Relation besteht; zweitens aber die Tatsache, daß sphärisch nicht korrigierte Systeme sehr wohl von Komafehlern frei sein können, während in diesem Falle die Erfüllung der Sinusbedingung notwendig versagen muß. Nach diesen Erwägungen liegt die Vermutung nahe, daß die Koma in erster Näherung durch eine Beziehung zwischen den Zuständen der sphärischen Korrektion und der Sinusbedingung einerseits und der Blendenstellung andererseits ausgedrückt werden könne.

Diesem Gedankengang zu folgen, wurde ich durch Hrn. A. Neumann veranlaßt, der mich darauf aufmerksam machte, daß bei sphärisch nicht korrigierten oder mit sphärischen Zonen behafteten photographischen Objektiven *zur Aufhebung der Koma das Zusammenfallen der Kurven der sphärischen Abweichung und der Sinusbedingung* (in der v. Rohrschen Darstellung) *notwendig sei.* A. Neumann stützt diese Behauptung auf die von ihm gemachte Beobachtung, daß sowohl die in v. Rohrs Quellenwerk behandelten Objektive als auch jene neuerer Konstruktion, deren Daten erst später durch Patentschriften bekannt wurden, eine desto bessere Komakorrektion zeigen, je näher dieses „Koinzidenz-Kriterium" erfüllt ist, während umgekehrt bei mangelnder Koinzidenz sich Komafehler auch bei gut erfüllter Sinusbedingung feststellen lassen.

In der gesamten mir bekannten Literatur finde ich nur zwei Bemerkungen, welche mit obigem Theorem in Zusammenhang stehen. M. v. Rohr schreibt auf *S. 386* seines Werkes[1]) bei Besprechung des Kämpferschen Dreimenisken-Objektivs: „... auch ist die Übereinstimmung im Gang bei den Abweichungen der Schnitt- und Brennweite[2]) hervorzuheben." A. Neumann berichtet in der Besprechung[3]) des von ihm konstruierten „Imagonal" D. R. P. Nr. 177266: „... was im vorliegenden Falle größere Bedeutung verdient, der Bedingung $s_h - s_0 = \frac{h}{\sin u'} - f_0$ ist vollkommen genügt." In beiden Zitaten fehlt jedoch der Hinweis, weshalb die Koinzidenz der Kurven Hervorhebung oder Bedeutung beansprucht.

Auch das Koinzidenz-Theorem war somit vom Blendenort unabhängig; doch ließ der Umstand, daß seine Gültigkeit in manchen Fällen, wie bei Objektiven mit Vorderblende und bei Teleobjektiven, versagte, während seine Anwendung auf die Koma einer einzelnen brechenden Fläche geradezu sinnlos wurde, den Schluß zu auf das Vorhandensein einer allgemeinen Beziehung, die im speziellen Falle eines Objektivs mit Mittelblende in das Koinzidenz-Kriterium übergehen mußte. Andernfalls konnte dieses überhaupt nicht richtig sein und nur auf einer ausgedehnten Verkettung von Zufälligkeiten beruhen.

Zunächst nahm der Verfasser Veranlassung, die Sinusbedingung bei sphärisch nicht korrigierten Systemen einer Untersuchung zu unterziehen und den Einfluß festzustellen, welchen die sphärische Achsenaberration auf sie ausübt. Daß dabei die Sinusbedingung in der überkommenen Form ihren Sinn verlieren muß, nachdem sie nur als Zusatzbedingung zur Aufhebung der sphärischen Abweichung abgeleitet worden war, konnte fürs erste außer acht gelassen werden. Es fordert allein der Umstand, daß die strenge sphärische Korrektion, auch nur innerhalb des Seidelschen Gebietes, eine mathematische Fiktion vorstellt, welcher im allgemeinen keine Linsen-Kombination genügt — da man von ihrer genauen Erfüllung schon aus Rück-

[1]) *A. a. O.*

[2]) Letztere Abweichungen im Sinne von Fehler gegen die Sinusbedingung. D. Verf.

[3]) A. Neumann, Das Imagonal. *Photogr. Korresp.* **41.** *S. 503. 1904.*

sicht auf die Erzielung einer bestimmten Lichtstärke absieht[1]) —, und andererseits die Tatsache, daß man für diese sphärisch nicht streng korrigierten Systeme die Sinusbedingung doch in der bedeutungslos gewordenen Form zu benutzen pflegt, eine Klärung, damit entweder der Sinusbedingung in ihrem alten Gewande eine neue Bedeutung zugrunde gelegt oder für sie in einer der früheren verwandten Bedeutung ein neuer Ausdruck geschaffen werden kann. Auf diesem Wege gelang es in einfacher Weise, innerhalb des Seidelschen Gebietes das Koinzidenz-Kriterium in der Neumannschen Form für den praktisch wichtigsten Fall als richtig zu erweisen und es für beliebige Lage des Objekts und des Blendenortes zu verallgemeinern.

Die nachstehenden Operationen schließen an *S. 303* des Werkes der Zeißschen Mitarbeiter[2]) an, auf welches sich die mit *Z.* charakterisierten Seitenzahlen durchweg beziehen. Auch in den Bezeichnungen folge ich dem genannten Werk mit Ausnahme des Ausdrucks *Sinb*, welcher hier eine von *Z. 327* abweichende Bedeutung hat. Ich bezeichne nämlich, zunächst nur symbolisch, mit *Sinb* die Proportionale zu einer auf *Z. 303* auftretenden Größe und setze (indem P einen vom Blendenort unabhängigen Faktor vorstellt)

$$(P \cdot Sinb) = \frac{1}{2}\sum_{\nu=1}^{k}\left(\frac{h_\nu}{h_1}\right)^2 Q_{\nu s}\,\Delta\frac{1}{ns} - \sum_{\nu=1}^{k}\left(\frac{h_\nu}{h_1}\right)^2 \Delta\frac{\mathfrak{a}}{s^3}\,; \qquad 1)$$

dabei ergibt sich vermöge der Umformungen auf *Z. 303*

$$\sum_{\nu=1}^{k}\left(\frac{h_\nu}{h_1}\right)^2 \Delta\frac{\mathfrak{a}}{s^3} = -\frac{1}{2}\sum_{\nu=1}^{k}\frac{1}{Q_{\nu x}-Q_{\nu s}}\left(\frac{h_\nu}{h_1}\right)^2 Q_{\nu s}^2\,\Delta\frac{1}{ns} - \sum_{\nu=1}^{k}\frac{1}{Q_{\nu x}-Q_{\nu s}}\left(\frac{h_\nu}{h_1}\right)^2 \Delta\frac{n\,\mathfrak{a}}{s^3 x}$$

und ebenso nach *Z. 304*

$$\sum_{\nu=1}^{k}\frac{1}{Q_{\nu x}-Q_{\nu s}}\left(\frac{h_\nu}{h_1}\right)^2 \Delta\frac{n\,\mathfrak{a}}{s^3 x} = \left(\frac{h_k}{h_1}\right)^2 \frac{\mathfrak{a}'_k}{s'^2_k(x'_k - s'_k)} - \frac{\mathfrak{a}_1}{s_1^2(x_1 - s_1)}\,.$$

Man findet somit schließlich durch Einsetzen in 1)

$$\left.\begin{aligned}(P\cdot Sinb) = \frac{1}{2}\sum_{\nu=1}^{k}\left(\frac{h_\nu}{h_1}\right)^2 Q_{\nu s}\,\Delta\frac{1}{ns} + \frac{1}{2}\sum_{\nu=1}^{k}\frac{1}{Q_{\nu x}-Q_{\nu s}}\left(\frac{h_\nu}{h_1}\right)^2 Q_{\nu s}^2\,\Delta\frac{1}{ns} + \\ + \left(\frac{h_k}{h_1}\right)^2 \frac{\mathfrak{a}'_k}{s'^2_k(x'_k - s'_k)} - \frac{\mathfrak{a}_1}{s_1^2(x_1 - s_1)}\end{aligned}\right\} \qquad 2)$$

oder abkürzend

$$(P\cdot Sinb) = I + II + III + IV.$$

Behält man die auf *Z. 304* vernachlässigten Faktoren bei, so erhält man für den ersten und zweiten Term

$$I + II = \frac{1}{2(Q_{1x} - Q_{1s})}\cdot\sum_{\nu=1}^{k}\left(\frac{h_\nu}{h_1}\right)^3 \frac{y_\nu}{y_1}\,Q_{\nu x}\,Q_{\nu s}\,\Delta\frac{1}{ns}$$

[1]) „Im allgemeinen ist man .... gezwungen, ein gewisses Ausgleichungsverfahren anzuwenden: Man verzichtet darauf, den betreffenden Bildfehler in aller Strenge aufzuheben, und sucht vielmehr zu erreichen, daß derselbe innerhalb des gegebenen Gebietes nur überall möglichst klein werde." S. Czapski, Grundzüge der Theorie der optischen Instrumente nach Abbe. Leipzig, J. A. Barth 1904. *S. 120.*

[2]) Die Bilderzeugung in optischen Instrumenten vom Standpunkte der geometrischen Optik. Hrsg. von M. v. Rohr. Berlin, J. Springer 1904.

oder, wenn man nach dem Vorgang von *Z. 327* die Bezeichnungen

$$D_{xs} = \frac{1}{n_1}(Q_{1x} - Q_{1s}) = \frac{1}{s_1} - \frac{1}{x_1} \tag{3}$$

und

$$Kom = \sum_{\nu=1}^{k} \left(\frac{h_\nu}{h_1}\right)^3 \frac{y_\nu}{y_1} Q_{\nu x} Q_{\nu s} \Delta \frac{1}{n s} \tag{4}$$

einführt,

$$I + II = \frac{1}{2 n_1 D_{xs}} \cdot Kom.$$

Für $\mathfrak{a}'_k$ ergibt sich nach *Z. 219* unter Voraussetzung eines aberrationsfreien Objekts

$$\mathfrak{a}'_k = -\frac{s'^4_k}{2 n'_k} \cdot \sum_{\nu=1}^{k} \left(\frac{h_\nu}{h_k}\right)^4 Q^2_{\nu s} \Delta \frac{1}{n s}$$

$$= -\left(\frac{h_1}{h_k}\right)^4 \frac{s'^4_k}{2 n'_k} \cdot \sum_{\nu=1}^{k} \left(\frac{h_\nu}{h_1}\right)^4 Q^2_{\nu s} \Delta \frac{1}{n s}$$

oder

$$\mathfrak{a}'_k = -\left(\frac{h_1}{h_k}\right)^4 \frac{s'^4_k}{2 n'_k} \cdot Sph, \tag{5}$$

wobei

$$Sph = \sum_{\nu=1}^{k} \left(\frac{h_\nu}{h_1}\right)^4 Q^2_{\nu s} \Delta \frac{1}{n s} \tag{6}$$

gesetzt ist. Daher wird der dritte Term unter obiger Voraussetzung

$$III = -\left(\frac{h_1}{h_k}\right)^3 \cdot \frac{s'^3_k}{2 n'_k (x'_k - s'_k)} \cdot Sph,$$

während *IV* unter derselben Voraussetzung verschwindet.

Es ergibt sich somit durch Substitution in 2)

$$(P \cdot Sinb) = \frac{1}{2 n_1 D_{xs}} \cdot Kom - \left(\frac{h_1}{h_k}\right)^3 \cdot \frac{s'^3_k}{2 n'_k (x'_k - s'_k)} \cdot Sph$$

oder

$$Kom = \left(\frac{h_1}{h_k} s'_k\right)^3 \cdot \frac{n_1 D_{xs}}{n'_k (x'_k - s'_k)} \cdot Sph + 2 n_1 D_{xs} \cdot (P \cdot Sinb). \tag{7}$$

Die rechte Seite dieser Gleichung 7) läßt eine einfachere Schreibweise zu: unter Berücksichtigung der Identität

$$n'_k (x'_k - s'_k) = x'_k s'_k (Q_{kx} - Q_{ks})$$

und der Seidelschen Eliminationsformel auf *Z. 145*

$$Q_{kx} - Q_{ks} = \frac{h_1}{h_k} \cdot \frac{y_1}{y_k} \cdot (Q_{1x} - Q_{1s}) = \frac{h_1}{h_k} \cdot \frac{y_1}{y_k} \cdot n_1 D_{xs}$$

erhält man

$$\frac{n_1 D_{xs}}{n'_k (x'_k - s'_k)} = \frac{h_k}{h_1} \cdot \frac{y_k}{y_1} \cdot \frac{1}{x'_k s'_k};$$

dann wird

$$Kom = \frac{\frac{h_1}{h_k} \cdot s'_k}{\frac{y_1}{y_k} \cdot x'_k} \cdot Sph + 2 n_1 D_{xs} \cdot (P \cdot Sinb).$$

Bezeichnet man noch unter Berücksichtigung von *Z. 80*

und

$$\left.\begin{aligned} \frac{h_1}{h_k} \cdot s_k' &= \frac{s_1' \cdot s_2' \cdot \ldots \cdot s_{k-1}'}{s_2 \cdot s_3 \cdot \ldots \cdot s_k} \cdot s_k' = \mathfrak{f}_s' \\ \frac{y_1}{y_k} \cdot x_k' &= \frac{x_1' \cdot x_2' \cdot \ldots \cdot x_{k-1}'}{x_2 \cdot x_3 \cdot \ldots \cdot x_k} \cdot x_k' = \mathfrak{f}_x', \end{aligned}\right\} \qquad 8)$$

so erhält man schließlich

$$Kom = \frac{\mathfrak{f}_s'}{\mathfrak{f}_x'} \cdot Sph + 2\, n_1\, D_{xs} \cdot (P \cdot Sinb). \qquad 9)$$

Da die mit *Sph* und $(P \cdot Sinb)$ bezeichneten Summen, wie aus den Gleichungen 6) und 1) ersichtlich, vom Blendenort unabhängig sind, so stellt Gleichung 9) — ähnlich wie die Seidelsche Transformation für Kom_s auf *Z. 327* — eine *Eliminationsformel für die Komasumme* dar.

Der in Gleichung 7) gewonnene Ausdruck gestattet nun andererseits auch eine Umformung, welche unmittelbar auf das allgemeine Koinzidenz-Kriterium führt. Aus der auf *Z. 303* entwickelten Gleichung für $\dfrac{n_k' \sin u_k'}{n_1 \sin u_1}$ ergibt sich nämlich in Hinblick auf Gleichung 1)

$$\frac{n_k' \sin u_k'}{n_1 \sin u_1} = \frac{n_1' \cdot n_2' \cdot \ldots \cdot n_k'}{n_1 \cdot n_2 \cdot \ldots \cdot n_k} \cdot \frac{s_1 \cdot s_2 \cdot \ldots \cdot s_k}{s_1' \cdot s_2' \cdot \ldots \cdot s_k'} \cdot \left\{1 + s_1^2 u_1^2 \cdot (P \cdot Sinb)\right\};$$

da stets $n_\nu' = n_{\nu+1}$ ist, erhält man schließlich unter Einführung des obigen Symbols $\mathfrak{f}_s'$

$$\frac{\sin u_k'}{\sin u_1} = \frac{s_1}{\mathfrak{f}_s'} \left\{1 + s_1^2 u_1^2 \cdot (P \cdot Sinb)\right\}. \qquad 10)$$

Um auf bekannte Formen zu kommen, bilden wir $\dfrac{\sin u_1}{\sin u_k'}$ und erhalten innerhalb des hier allein betrachteten Seidelschen Gebietes

$$\frac{\sin u_1}{\sin u_k'} = \frac{\mathfrak{f}_s'}{s_1} \left\{1 - s_1^2 u_1^2 \cdot (P \cdot Sinb)\right\},$$

woraus sich

$$\frac{s_1 \sin u_1}{\sin u_k'} - \mathfrak{f}_s' = - \mathfrak{f}_s' \cdot s_1^2 u_1^2 \cdot (P \cdot Sinb)$$

ergibt. Also ist

$$(P \cdot Sinb) = - \frac{1}{\mathfrak{f}_s' \cdot (s_1 u_1)^2} \cdot \left\{\frac{s_1 \sin u_1}{\sin u_k'} - \mathfrak{f}_s'\right\}. \qquad 11)$$

Mit Rücksicht auf den weiter unten in Formel 14) erscheinenden Ausdruck für das Symbol *Sph* setzen wir

$$Sinb = - \frac{2\, n_k'}{\mathfrak{f}_s'^2 \cdot (s_1 u_1)^2} \cdot \left\{\frac{s_1 \sin u_1}{\sin u_k'} - \mathfrak{f}_s'\right\}, \qquad 12)$$

sodaß

$$P = \frac{\mathfrak{f}_s'}{2\, n_k'} \qquad 13)$$

zu bestimmen ist.

Aus Gleichung 12) folgt unmittelbar die Berechtigung zur Einführung des Symbols *Sinb*: nach Gleichung 8) und der Formel für die Lateralvergrößerung β auf *Z. 144* erhält man nämlich

$$\mathfrak{f}_s' = \frac{n_k' \cdot s_1}{n_1} \cdot \beta;$$

mithin geht Gleichung 12) über in

$$Sinb = \frac{\text{konst.}}{(s_1 u_1)^2} \cdot \left\{ \frac{\sin u_1}{\sin u'_k} - \frac{n'_k}{n_1} \cdot \beta \right\}.$$

Da der Klammerausdruck den Fehler gegen die Sinusbedingung in ihrer auf *Z. 294, 295* gegebenen Form angibt, ist der Beweis erbracht, daß durch das Symbol *Sinb* der erste Koeffizient einer Reihenentwicklung der Fehler gegen die Sinusbedingung bei beliebigem Zustand der sphärischen Abweichung in ähnlicher Weise dargestellt wird, wie es durch die Symbole *Sph* und *Kom* in den Formeln 6) und 4) für die Fehler der sphärischen Abweichung und der Koma der Fall ist.

Nachdem in Gleichung 11) die Transformation des Ausdrucks ($P \cdot Sinb$) geleistet ist, wird im folgenden analog das Symbol *Sph* einer Umformung unterzogen. Man bildet aus Gleichung 5)

$$Sph = -\left(\frac{h_k}{h_1}\right)^4 \cdot \frac{2\, n'_k}{s'^4_k} \cdot \mathfrak{a}'_k.$$

Nun bestehen die Definitionen: nach *Z. 215 u. f.*

$$\mathfrak{a}'_k = \frac{\mathfrak{s}'_k - s'_k}{u'^2_k}$$

und nach 8)

$$\frac{h_1}{h_k} \cdot s'_k = \mathfrak{f}'_s.$$

Daher wird

$$Sph = -\frac{2\, n'_k}{\mathfrak{f}'^4_s \cdot u'^2_k} \cdot (\mathfrak{s}'_k - s'_k).$$

Aus Gleichung 10) folgt für das Seidelsche Gebiet die Beziehung

$$u'^2_k = \frac{s_1^2}{\mathfrak{f}'^2_s} \cdot u_1^2,$$

sodaß man schließlich

$$Sph = -\frac{2\, n'_k}{\mathfrak{f}'^2_s \cdot (s_1 u_1)^2} \cdot (\mathfrak{s}'_k - s'_k) \qquad 14)$$

erhält. Durch Substitution von Gl. 11) und 14) in Gl. 7) ergibt sich unter Berücksichtigung von Gl. 8)

$$Kom \doteq -\frac{2\, n_1 D_{xs}}{(x'_k - s'_k) \cdot (s_1 u_1)^2} \cdot (\mathfrak{s}'_k - s'_k) - \frac{2\, n_1 D_{xs}}{\mathfrak{f}'_s \cdot (s_1 u_1)^2} \cdot \left(\frac{s_1 \sin u_1}{\sin u'_k} - \mathfrak{f}'_s\right). \qquad 15)$$

Setzt man noch

$$s'_k - x'_k = \mathfrak{A}', \qquad 16)$$

wobei $\mathfrak{A}'$ den Abstand des Gaußschen Bildpunktes von der Austrittspupille bezeichnet, so erhält man

$$\frac{Kom}{2\, n_1 D_{xs}} \cdot (s_1 u_1)^2 = \frac{\mathfrak{s}'_k - s'_k}{\mathfrak{A}'} - \frac{1}{\mathfrak{f}'_s} \left(\frac{s_1 \sin u_1}{\sin u'_k} - \mathfrak{f}'_s\right)$$

oder

$$-\frac{\mathfrak{A}' \cdot Kom}{2\, n_1 D_{xs}} \cdot (s_1 u_1)^2 = \frac{\mathfrak{A}'}{\mathfrak{f}'_s} \left(\frac{s_1 \sin u_1}{\sin u'_k} - \mathfrak{f}'_s\right) - (\mathfrak{s}'_k - s'_k). \qquad 17)$$

Da $D_{xs} = \frac{1}{s_1} - \frac{1}{x_1}$ in dem gewöhnlichen Fall eines Objektivs mit Mittelblende stets negativ ist, so gibt bei Objektiven mit Mittelblende das Vorzeichen von

$$\frac{\mathfrak{A}'}{\mathfrak{f}'_s} \left(\frac{s_1 \sin u_1}{\sin u'_k} - \mathfrak{f}'_s\right) - (\mathfrak{s}'_k - s'_k)$$

auch das Vorzeichen von *Kom* an (bei Objektiven mit Vorderblende ist das entgegengesetzte Zeichen zu wählen), und die Bedingung

$$\frac{\mathfrak{A}'}{\mathfrak{f}_s'}\left(\frac{s_1 \sin u_1}{\sin u_k'} - \mathfrak{f}_s'\right) = s_k' - s_k' \qquad 18)$$

ist das Kriterium der Komafreiheit innerhalb des Seidelschen Gebietes. Dabei geht der Blendenort nur in den Quotienten $\mathfrak{A}'/\mathfrak{f}_s'$ ein, der „Blendenfaktor“ heißen möge.

Bedingungsgleichung 18) läßt sich in folgendem Satze aussprechen:

Stellt man die sphärische Abweichung und die Fehler gegen die Sinusbedingung durch Kurven dar, indem man als Abszissen der ersteren die Größen $s_k' - s_k'$ und als Abszissen der letzteren die Größen $\frac{s_1 \sin u_1}{\sin u_k'} - \mathfrak{f}_s'$ aufträgt, während die zugehörigen Ordinaten in beiden Fällen durch die Werte von $s_1 \sin u_1$ gebildet werden, so ist bei beliebigem Zustand der sphärischen Abweichung das System in erster Näherung komafrei, wenn die mit dem Blendenfaktor $\mathfrak{A}'/\mathfrak{f}_s'$ reduzierte Fehlerkurve der Sinusbedingung für kleine Ordinaten mit der sphärischen Kurve zusammenfällt. (*Allgemeines Koinzidenz-Kriterium.*)

Gewöhnlich zeigen die Kurven der sphärischen Abweichung und der Sinusbedingung einen ähnlichen Verlauf[1]). In diesem Fall wird der Grad, in welchem die Koinzidenz in der Achsennähe erreicht wird, durch das Verhalten der Kurven für größere Öffnungen charakterisiert, sodaß die Abszissendifferenzen zwischen der sphärischen Kurve und der reduzierten Sinuskurve den Zustand der Komakorrektion angeben.

Bei Bestimmung des Korrektionszustandes für ein unendlich fernes Objekt wird

$$s_1 \sin u_1 = h_1$$

und

$$\mathfrak{f}_s' = f',$$

wobei f' die Brennweite im Bildraum bedeutet. (Der Verfasser befolgt dabei, abweichend von Czapski[2]) und *Z.* die von Gauß eingeführte und sonst allgemein übliche Wahl des Vorzeichens, die auch v. Rohr in seinem Werke beibehalten hat.) Dann stellt

$$\frac{h_1}{\sin u_k'} - f'$$

den Fehler gegen die Sinusbedingung oder die Longitudinalaberration der Brennweite dar, welche v. Rohr durch die gestrichelte Kurve zum Ausdruck gebracht hat, während

$$s_k' - s_k'$$

die Longitudinalaberration gegen die Schnittweite angibt (v. Rohr, ausgezogene Kurve). Gleichung 18) geht also über in

$$\frac{\mathfrak{A}'}{f'}\left(\frac{h_1}{\sin u_k'} - f'\right) = s_k' - s_k'. \qquad 19)$$

Dabei ist, wie nebenbei bemerkt werden soll, der Blendenfaktor dem Grenzwert des Tangentenverhältnisses für Paraxialstrahlen reziprok (vgl. den Aufsatz des Verf. „Zur Darstellung der Verzeichnung photographischer Objektive“, *diese Zeitschr.* **27.** *S. 173. 1907*).

---

[1]) Der Verfasser gedenkt in einer späteren Arbeit auf diesen interessanten Zusammenhang zurückzukommen.

[2]) Vgl. das Zitat *S. 243, Anmerk. 1.*

Für den Fall, daß sich der Blendenfaktor der Einheit nähert, ist somit innerhalb des Seidelschen Gebietes das Koinzidenz-Kriterium in der Neumannschen Form bewiesen. Da bei Objektiven mit Mittelblende die Austrittspupille gewöhnlich sehr nahe am hintern Hauptpunkt liegt, und sich deshalb der Blendenfaktor nur wenig von der Einheit unterscheidet, so ist jene Form des Kriteriums für die meisten Fälle als vollständig ausreichend zu erachten; bei Objektiven mit Vorderblende und Teleobjektiven wird jedoch die Reduktion der Sinuskurve durch den Blendenfaktor nicht zu umgehen sein.

Die Ansicht, der beste Korrektionszustand sei dann erreicht, wenn die Kurven nicht nur in der Achsennähe, sondern auf ihrem ganzen Verlauf koinzidieren, scheint dem Verf. in folgendem begründet zu sein: Für den Randstrahl, für welchen die sphärische Korrektion herbeigeführt ist, gilt die Sinusbedingung in der üblichen Form, da dann die für ihre Herleitung gemachten Voraussetzungen erfüllt sind; mithin ist die Sinusbedingung für dieselbe Öffnung streng zu korrigieren, für welche die sphärische Korrektion geleistet ist, sodaß sich an dieser Stelle beide Kurven durchsetzen müssen. M. v. Rohr äußert sich in seinem Werke „Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs“ *S. 35* über diesen Punkt: „Damit nun, abgesehen von den durch die Festsetzung eines gegebenen Typus ebenfalls gegebenen und unvermeidlichen Zonen, ein System möglichst vollkommene Bilder von Punkten in der Achse selbst und nahe derselben liefere, wird man genötigt sein, die Korrektion der sphärischen Aberration und die Erfüllung der Sinusbedingung für dieselbe Öffnung $D = 2h$ vorzunehmen. Denn nur dann wird, abgesehen von den Zonen, dieselbe Öffnung für den Achsenpunkt mit Vorteil verwendbar sein wie für den seitlich benachbarten.“ Andererseits ist aber für geringe Öffnungen das Zusammenfallen der Kurven durch das Koinzidenz-Kriterium bedingt. Unter Berücksichtigung beider Umstände ergibt sich somit die Forderung, daß die Kurven auf ihrem ganzen Verlauf koinzidieren, was im Hinblick auf die oben erwähnte Tatsache, daß die Kurven eine ähnliche Tendenz zeigen, möglich erscheint.

Gleichung 18) gestattet die einfache Bestimmung des Ortes einer unendlich eng gedachten Blende, für welche bei beliebigem sphärischen Korrektionszustand die Koma in erster Näherung aufgehoben ist. Mittels trigonometrischer Durchrechnung stellt man die Fehler gegen die sphärische Korrektion und gegen die Sinusbedingung für mittlere Einfallshöhen fest und findet die Austrittspupille aus

$$\mathfrak{A}' = \frac{\mathbf{s}'_k - s'_k}{\frac{s_1 \sin u_1}{\sin u'_k} - \mathfrak{f}'_s} \cdot \mathfrak{f}'_s . \qquad 20)$$

Aus der Form dieses Ausdrucks ergibt sich, daß die Bestimmung des Blendenorts desto unsicherer wird, je besser die Korrektion in bezug auf sphärische Abweichung und Sinusbedingung ist; nach Gl. 17) bedeutet dies umgekehrt, daß in gleichem Maße der Einfluß des Blendenortes auf die Komakorrektion abnimmt, bis er im Idealfall einer strengen sphärischen Korrektion vollständig verschwindet.

Während der Drucklegung des vorstehenden Aufsatzes wurde ich auf eine Bemerkung des Hrn. P. Rudolph aufmerksam gemacht, welche mit dem behandelten Thema in engerem Zusammenhange steht. In seinem Bericht über das Planar mit vermindertem sekundären Spektrum (*Photogr. Korresp.* **39**. *S. 193. 1902*) finden sich graphische Darstellungen der Schnittweiten- und Brennweitendifferenzen und im Anschluß hieran folgender Passus: „In Fig. 5 ist die gleiche Isoplethendarstellung für

die Brennweitendifferenzen $f_{\lambda,h} - f_{F,0}$ gegeben. Die gute Übereinstimmung dieser Kurvenschar mit der für die Schnittweitendifferenzen in Fig. 4 ist eine Gewähr für die scharfe Abbildung außeraxialer Objektpunkte.“ Da unter „scharfer Abbildung außeraxialer Objektpunkte“ nichts anderes als Beseitigung des Komafehlers verstanden sein dürfte, so ist mit dieser Bemerkung das Koinzidenz-Kriterium berührt. Da sich nun gerade das Planar durch eine ideale Korrektion der sphärischen Abweichung auszeichnet, geht aus dem Wortlaut der Rudolphschen Bemerkung nicht hervor, welche Bedeutung ihr der Verfasser für sphärisch weniger vollkommen korrigierte Objektive einräumt. Jedenfalls ist aus seiner Erklärung nicht ersichtlich, ob er ebenfalls der Ansicht ist, daß bei sphärisch nicht korrigierten Systemen, z. B. bei Weitwinkelobjektiven, zur Beseitigung des Komafehlers *auf die Erfüllung der Sinusbedingung zugunsten der Koinzidenz verzichtet werden mufs.*

München, im Juni 1907.

Referate.

Hängender Kollimator zur Bestimmung des Zenitpunktes.

Von G. Lippmann. *Compt. rend.* **144.** *S. 873. 1907.*

Zur Bestimmung des Zenitpunktes schlägt Verf. vor, sich eines Kollimators zu bedienen, der nach Art eines Uhrpendels an einer recht leicht biegsamen Stahlfeder aufgehängt wird. Im Brennpunkt des Kollimators befindet sich ein kleines Loch, das durch eine künstliche Lichtquelle beleuchtet als eine im Zenit befindliche, unendlich ferne Marke im Gesichtsfeld des zu prüfenden Instrumentes gesehen oder, falls dieses ein photographisches Fernrohr ist, photographiert wird. Hierauf wird der Kollimator in seinen Lagern umgelegt und die Beobachtung wiederholt. Fallen die beiden Bilder des vom Kollimator gelieferten, unendlich fernen Punktes nicht zusammen, so gibt die Mitte zwischen beiden Bildpunkten den Ort des wahren Zenits an.

Um den Kollimator, falls er durch einen Luftzug oder infolge des Umlegens in Schwingungen gekommen sein sollte, bald wieder in Ruhe zu bringen, hat Verf. rings um ihn herum mehrere Stäbe angebracht, welche in ein ringförmiges, mit Öl gefülltes Gefäß tauchen.

Bei den vom Verf. mit gutem Erfolg angestellten Versuchen war die Aufhängefeder $^1/_{20}$ *mm* dick, 1 *cm* breit und 20 *cm* lang; das auf seine Kollimation zu prüfende Fernrohr war ein photographisches von 2,80 *m* Brennweite. Eine Änderung der Lage um einen geringen Bruchteil der Bogensekunde würde sich, wenn sie nach den absichtlich hervorgerufenen Schwingungen eingetreten wäre, sicher haben bemerken lassen. *Kn.*

Das Sonnen-Chronometer von Gibbs.

Nach Engineering **83.** *S. 657. 1907.*

Das von G. J. Gibbs angegebene und von Pilkington & Gibbs, Ltd., in Preston (England) hergestellte Instrument ist eine Abart der Sonnenuhr. Es unterscheidet sich von den gebräuchlichen Formen der Sonnenuhren dadurch, daß nicht auf einem festen Zifferblatt die Sonne die Zeit anzeigt, sondern daß der Beobachter jedesmal erst besondere Einstellungen vornehmen muß, um an dem beweglichen Zifferblatt die Zeit, und zwar mittlere Zonenzeit, ablesen zu können.

Die Zifferblattebene *z* ist im Durchmesserkreis einer Halbkugel *a* drehbar, die ihrerseits als Kugelgelenk in einem entsprechenden Sockel ruht. Durch Drehung der Halbkugel auf ihrem Sockel wird das Zifferblatt parallel zum Äquator gestellt, während der Ableseindex *i* dem Zifferblattrand gegenüber auf den höchsten Punkt gebracht wird. Auf der in sich drehbaren Zifferblattebene sitzen zwei Schirme *o* und *u*. Von diesen trägt der untere *u*

eine feine Mittellinie, die bei der richtigen, nach dem augenblicklichen Sonnenstand einzurichtenden Einstellung des Zifferblattes den von einem kreisförmigen Loch im oberen Schirm *o* entworfenen Lichtfleck halbiert. Hat der Beobachter durch Drehung des Zifferblattes dies erreicht, so würde er an dessen Rand am Index *i* wahre Ortszeit ablesen können. Um statt ihrer wahre Zonenzeit zu erhalten, braucht man nur den Index ein für allemal um den dem Unterschied zwischen Orts- und Zonenzeit entsprechenden Winkel zu verschieben. Nun ist noch von der wahren zur mittleren Zeit überzugehen. Dies geschieht in origineller Weise dadurch, daß der obere Schirm gegen das Zifferblatt so verschoben wird, bis er von der Ableselinie auf dem Schirm *u* aus gesehen um einen der Zeitgleichung entsprechenden Winkel verdreht erscheint. Um dies bequem zu erreichen, sitzt der obere Schirm auf einer Schiene, die sich mit Hülfe einer Art von Exzenterscheibe etwas um die Ableselinie des Schirmes *u* als Drehachse drehen läßt. Die Exzenterscheibe trägt eine kreisförmige Datumteilung *d* und hat solche Abmessungen, daß man sie nur auf das Datum einzustellen braucht, um die Zeitgleichung zu eliminieren.



Leider wird wie über den Preis so auch über die Maße des ganz aus Metall gefertigten Instrumentes nichts angegeben, sodaß die Größe der Zeitskale. des Zifferblatts nicht bekannt ist. Jedenfalls wird man, um, wie es beabsichtigt wird, Regulatoren 1- bis 2-mal in der Woche danach stellen zu können, eine Ablesung wenigstens bis auf $^1/_2$ Minute genau verlangen müssen. Die Einstellungsgenauigkeit ist groß genug; die Verschiebung des Lichtflecks soll schon nach einigen Sekunden erkennbar sein. Fraglich erscheint es, ob bei dem Instrument, das, nach einer Abbildung, im Freien stehend gedacht ist, Zifferblatt und Exzenterscheibe immer leicht genug drehbar bleiben, und ob insbesondere bei den zu jeder Ablesung erforderlichen Drehungen eine Veränderung der Grundaufstellung ausgeschlossen bleibt. Es ist diese Frage von Wichtigkeit, weil eine einfache Kontrolle für die richtige Aufstellung nicht angegeben wird. Bis zu einem gewissen Grade könnte man eine solche erhalten, wenn an der Ableselinie auf dem unteren Schirm eine Skale angebracht würde, an der sich kontrollieren ließe, ob der Lichtfleck die der augenblicklichen Sonnendeklination entsprechende Lage hat und den Tag über behält, wie Ref. dies bei der in *dieser Zeitschr.* ***23.*** *S. 207. 1903* beschriebenen Sonnenuhr ausgeführt hat. Es könnte aber nach dieser Kontrolle noch immer ein konstanter Indexfehler vorhanden sein, der sich nur so genau feststellen läßt, wie es möglich ist, die Lage des Zifferblattdurchmessers größter Neigung im Meridian zu kontrollieren. Jedenfalls würde es sich empfehlen, das Instrument unter einem Schutzkasten aufzustellen, der nur zur Ablesung geöffnet wird, und, nachdem die richtige Anfangsaufstellung gelungen ist, für eine solide Befestigung der beiden Teile des Kugelgelenkes zu sorgen. *H. Maurer.*

Über die Benutzung von Näherungsformeln bei Berechnung tachymetrischer Messungen.

Von P. Werkmeister. *Zeitschr. f. Vermess.* ***35.*** *S. 513. 1906.*

Die vom Ref. *ebenda* ***34.*** *S. 721. 1905* veröffentlichte Untersuchung „Die Näherungen bei Anwendung des Fadendistanzmessers in der Tachymetrie“ setzt der Verf. für den Fall fort, daß der gemessene Höhenwinkel sich nicht auf die Zielung über den Mittelfaden bezieht, den gewöhnlich zum „Nivellierfaden“ gemachten Horizontalfaden, sondern daß der „Nivellier-

faden" (über den die Zielung bei einspielender Nivellierlibelle auf dem Fernrohr horizontal ist, während gleichzeitig bei richtig stehender Umdrehungsachse am Höhenkreis 0 abgelesen wird) der „untere" Faden ist, d. h. der Faden, an dem die *kleinere* Lattenablesung gemacht wird. Die *Messung* wird bei dieser Anordnung insofern vereinfacht, als nur der untere Faden auf eine Marke oder einen runden Meterstrich der Latte zu stellen und am obern Faden abzulesen ist (Lattenablesung l), ohne daß noch eine Einstellung des „Mittelfadens" (der hier gar nicht vorhanden ist) notwendig wäre. Diese Einrichtung ist auch von andern schon mehrfach benutzt worden, so von Puller bei seinem Schnellmesser, von Hammer bei dem selbstrechnenden Fennelschen Tachymetertheodolit. Aber, wie zu erwarten, zeigt sich nun in der hier angezeigten Untersuchung, daß die Rechnung nach den gewöhnlichen „Tachymeterformeln"

Grundzahl $E = c + k \cdot l$ 1)

Horizontaldistanz $e = E \cdot \cos^2 \alpha$ 2)

Höhenunterschied $h = E \cdot \frac{1}{2} \sin 2\alpha$ 3)

(so, nicht $\frac{E}{2} \sin 2\alpha$ wie der Verf. tut, sollte 3) geschrieben werden), *nicht so weit ausgedehnt werden darf* (in α und l) wie in dem von mir untersuchten Falle. Man kommt hier verhältnismäßig bald selbst bei der weniger genauen oder topographischen Tachymetrie (Ablesung des Lattenabschnitts nur an einer *dm*-Latte, auf 1 *cm*, des Höhenwinkels auf 1') an die *Grenze* der Zulässigkeit der Anwendung der Gleichungen 1) bis 3). Nach den vom Verf. entwickelten Formeln und danach aufgetragenen graphischen Darstellungen zeigt sich nämlich, daß, bei $k = 100$, die *Horizontaldistanz* e bei nachstehenden Höhenwinkeln und Lattenabschnitten um die angegebenen Beträge (auf 0,1 *m* abgerundet) unrichtig wird:

Höhenwinkel $\alpha =$	Lattenabschnitt $l =$			
	1 *m*	2 *m*	3 *m*	4 *m*
30°	0,4 *m*	0,9 *m*	1,3 *m*	1,7 *m*
20°	0,3 „	0,7 „	1,0 „	1,3 „
10°	0,2 „	0,4 „	0,5 „	0,7 „

Das wäre nun, selbst für den sehr großen Höhenwinkel $\alpha = 30°$, nicht allzu schlimm, wenn in sehr kleinem Maßstab kartiert wird, was meist bei der topographischen Tachymetrie zutrifft (für 1 : 25000 sind die Fehler ganz ohne Bedeutung, selbst für 1 : 10000 ist der größte davon noch erträglich); aber schon bei 1 : 2500 (Württemberg) sind die Fehler in e bei großen l und großen α zu groß. Und noch viel schlimmer ist, daß die entsprechenden *Höhenfehler* rasch ebenfalls über die auch im vorliegenden Fall zulässige Grenze hinaus wachsen; die vom Verf. mit $(\Delta h)_1$ bezeichneten Beträge freilich sind in jedem Fall ohne Bedeutung, aber die $(\Delta h)_2$ erreichen (auf $^1/_2$ *dm* abgerundet) die nachstehenden Werte:

Höhenwinkel $\alpha =$	Lattenabschnitt $l =$			
	1 *m*	2 *m*	3 *m*	4 *m*
30°	2,5 *dm*	5 *dm*	8 *dm*	10 *dm*
20°	1,5 „	2,5 „	4 „	5 „
10°	0,5 „	1 „	1 „	1,5 „

Um diese Beträge $(\Delta h)_2$ werden bei positiven Höhenwinkeln α die Höhenunterschiede zu groß, bei negativen α zu klein erhalten.

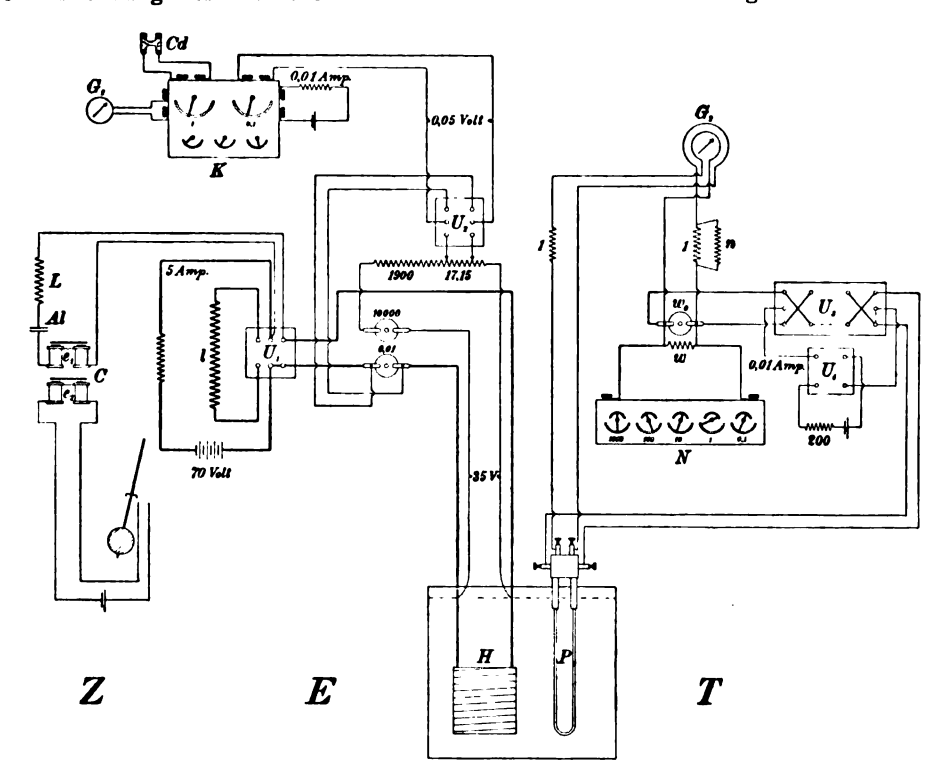
Man muß also bei dieser Anwendung des unteren Fadens als „Nivellierfaden" jedenfalls selbst bei der topographischen Tachymetrie vorsichtig sein in der Anwendung der Formeln 1) bis 3). Festpunkte, an die später wieder angeschlossen werden soll, z. B. zur Fortsetzung der Messung, dürfen auch hier nicht ohne weiteres nach 1) bis 3) gerechnet werden, selbst bei nicht großen l und kleineren α. Man kann aber, wie aus den graphischen

Darstellungen des Ref. für die gewöhnliche Anordnung des Instruments, so aus denen des Verf. für die oben angedeutete Anordnung die (im zweiten Fall wesentlich *größeren*) Korrektionen entnehmen, die an l anzubringen sind, falls man auch bei größeren α und l doch nach den bequemen Gleichungen 1) bis 3) rechnen will. *Hammer.*

Eichung eines Berthelotschen Verbrennungskalorimeters in elektrischen Einheiten mittels des Platinthermometers.

Von W. Jaeger und H. von Steinwehr. *Ann. d. Physik* **21.** *S. 23. 1906.*

In einem früheren Referat (*diese Zeitschr.* **23.** *S. 186. 1903*) wurde bereits über die elektrische Eichung eines Berthelotschen Kalorimeters berichtet, bei der infolge der Verwendung von Quecksilberthermometern eine größere Genauigkeit als einige Promille nicht zu erreichen war; dort ist auch das Kalorimeter abgebildet. Die Eichung diente als Grundlage für die von Fischer und Wrede (*Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1904. S. 687*) ausgeführte Bestimmung der Verbrennungswärmen einiger organischer Substanzen, die nun mit größerer Genauigkeit unter Anwendung des Platinthermometers wiederholt und weiter ausgedehnt werden sollte.



Die Kenntnis der Verbrennungswärmen ist für die physikalische Chemie von Wichtigkeit; ferner ist es wünschenswert, die Verbrennungswärme sogenannter Normalsubstanzen (Benzoesäure, Zucker), die dann zur Eichung von Kalorimetern verwendet werden können, mit möglichster Schärfe zu bestimmen. In der Literatur finden sich z. T. noch stark abweichende Angaben über diese wichtigen Konstanten. Außer der elektrischen Eichung erforderte auch der chemische Teil der Aufgabe, der von Hrn. Wrede bearbeitet wurde, eine große Sorgfalt. Über die auf Grund der neuen Eichung erhaltenen Verbrennungswärmen wird von seiten des Ersten Chemischen Instituts der Universität Berlin besonders berichtet werden.

Da bei der vorliegenden Eichung eine etwa zehnmal so große Genauigkeit als früher angestrebt wurde, mußten außer der mit dem Platinthermometer vorgenommenen Temperaturmessung auch die übrigen Faktoren (elektrische Energie, Zeit, Korrektion wegen des

Wärmeaustauschs mit der Umgebung) mit wesentlich größerer Schärfe als früher gemessen werden. Über die hier in Betracht kommenden Gesichtspunkte ist in verschiedenen Mitteilungen (*Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **5.** *S. 353. 1903; Zeitschr. f. phys. Chem.* **53.** *S. 153. 1905 u.* **54.** *S. 428. 1906; diese Zeitschr.* **26.** *S. 237 u. S. 278. 1906*) berichtet worden. Da auch in den Tätigkeitsberichten der Reichsanstalt (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 134. 1904;* **25.** *S. 103. 1905;* **26.** *S. 115 u. 117. 1906*) z. T. eingehendere Angaben über diese Eichung und die damit in Zusammenhang stehenden Fragen enthalten sind, so genügt an dieser Stelle eine kurze Zusammenfassung und die Mitteilung der Resultate.

Die Meßanordnung ist aus der Figur ersichtlich; in dieser bezeichnen die Buchstaben Z, E, T die Anordnungen zur Messung der Zeit, der elektrischen Energie und der Temperatur. Die letztere Messung ist in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 237. 1906* eingehend besprochen. Ebenso ist die Zeitmessung im Tätigkeitsbericht für 1905 (*diese Zeitschr.* **26.** *S. 116. 1906*) erläutert; hierüber sei nur gesagt, daß Al eine Aluminiumzelle ist, die den Strom nur in einer Richtung hindurchläßt, L ein Lampenwiderstand, e_1 und e_2 sind die Elektromagnete eines Chronographen, von denen e_1 durch die Stromstöße beim Schließen und Öffnen des Hauptstroms erregt wird, während e_2 die von einem Pendel bewirkten Sekundenmarken liefert.

Die Widerstandsänderung des Platinthermometers P (von etwa 8 Ohm Widerstand) wurde mit Hülfe eines Differentialgalvanometers G_2 bestimmt (Widerstand einer Hälfte etwa 10 Ohm). Der in Petroleum stehende Vergleichswiderstand w_0 war durch Anlegen eines Nebenschlusses w dem zu messenden Widerstand P nahe gleich gemacht; die kleinen Änderungen des Platinwiderstandes wurden durch einen zweiten Nebenschluß N (Kurbelwiderstand, wofür im vorliegenden Fall ein Kompensationsapparat von O. Wolff benutzt wurde) kompensiert. In die Galvanometerzweige waren Ballastwiderstände von je 1 Ohm eingeschaltet, deren einer zur Abgleichung noch einen Nebenschluß n besaß. Die Vertauschung der Galvanometerzweige geschah durch den Umschalter U_3 (vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 290. 1904*); U_4 ist ein Stromwender. Der Meßstrom für das Platinthermometer betrug 0,01 Amp.

Der Heizstrom zur Erwärmung des Kalorimeters wurde einer Akkumulatorenbatterie von 70 Volt entnommen unter Vorschaltung eines solchen Ballastwiderstandes, daß die Spannung an den Enden der Heizspule H (7 Ohm Widerstand) annähernd 35 Volt betrug. Die Heizspule bestand aus einem Konstantanband, das nicht wie bei der früheren Eichung direkt auf die Bombe, sondern auf einen Messingzylinder aufgewickelt war, der auf die Bombe aufgeschoben wurde. Während der Dauer des Heizens (3 Min.) wurde abwechselnd Strom und Spannung durch Umlegen eines Umschalters U_2 an einem Diesselhorstschen Kompensationsapparat K von kleinem Widerstand (*diese Zeitschr.* **26.** *S. 173. 1906*) gemessen. Der Kompensationsstrom von 0,01 Amp. ließ sich mit Hülfe eines Kadmiumelements Cd und eines Drehspulengalvanometers G_1 einstellen. Bei der knappen zur Verfügung stehenden Zeit war es nötig, daß die beiden Spannungen, die an K kompensiert wurden, nahe gleich waren (0,05 Volt), damit die Einstellungen am Kompensationsapparat dabei nur wenig geändert zu werden brauchten. Dies wurde durch die in der Figur skizzierte Anordnung erreicht, in der der Heizstromkreis mit starken Linien, der Kreis für die Spannungsmessung mit schwachen Linien gezeichnet ist. An der abgelesenen Stromstärke ist noch eine Korrektion von etwa 0,6 Promille wegen des zur Heizspule parallel gelegten Nebenschlusses von $10000 + 1900 + 17{,}15$ Ohm anzubringen (siehe die Figur). Vor dem Versuch wurde die Batterie durch einen Ersatzwiderstand l eine Zeitlang geschlossen, um eine konstante Stromstärke zu erzielen, und, nachdem dann der Temperaturgang des Kalorimeters mittels des Platinthermometers gemessen war, wurde die Batterie mit Hülfe des rasch umzulegenden Schalters U_1 auf die Heizspule geschaltet, wodurch die erste Zeitmarke entstand. Nach Verlauf von 3 Min., während der nur für die Korrektion nötige Temperaturverlauf mit dem Quecksilberthermometer beobachtet wurde, entstand durch Öffnen des Heizstromes die Endmarke, worauf man dann wieder den Temperaturgang mittels des Platinthermometers beobachtete. Die Berech-

nung der Temperaturerhöhung des Kalorimeters (etwa 1,8°) aus den beobachteten Widerständen und die Art der Berücksichtigung des Wärmeaustauschs mit der Umgebung ist in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 244. 1906* beschrieben.

In der vorliegenden Mitteilung ist ein ausführliches Versuchsbeispiel mitgeteilt, worauf hier hingewiesen sei. Es wurden zwei Beobachtungsserien angestellt, eine im November 1905 (14 Messungen) mit dem um eine vertikale Achse pendelnden Quirlrührer nach Berthelot, die andere im Januar 1906 (13 Messungen) mit dem früher schon benutzten, auf und ab gehenden Ringrührer. Bei der ersten Serie zeigen die einzelnen Messungen Abweichungen vom Mittel bis über 3 Promille, die, wie sich ergab, darauf zurückzuführen sind, daß der Rührer bei der angewandten Tourenzahl (25 bis 28 Touren in der Minute) das Wasser nicht genügend vermischte. Eine Untersuchung mit Thermoelementen zeigte große Temperaturunterschiede während des Versuchs zwischen verschiedenen Teilen des Kalorimeters, besonders das Wasser unter der Bombe schien zu stagnieren. Die zweite Serie mit dem Ringrührer gab erheblich bessere Resultate, die auch unabhängig waren von der Schnelligkeit des Rührens (28 bis 46 Touren in der Minute). Die Abweichung der Versuche vom Mittel beträgt bei dieser Reihe durchschnittlich nur etwa $^1/_2$ Promille; die Resultate aus beiden Serien stimmen auf etwa denselben Betrag überein; ein Temperaturkoeffizient war unter den gegebenen Verhältnissen des Kalorimeters experimentell nicht feststellbar. Da aber der Temperaturkoeffizient α_0 des aus dem Wasser und den Metallmassen zusammengesetzten Kalorimeters sich aus den Wärmekapazitäten k und k' des Wassers und der Metallmassen sowie aus ihren Temperaturkoeffizienten α und α' zu $\alpha_0 = (k\,\alpha + k'\,\alpha')/(k + k')$ berechnet, so folgt aus dem bekannten (negativen) Temperaturkoeffizienten des Wassers ein ziemlich großer positiver Temperaturkoeffizient für die Metallmassen ($+ 3,7 \times 10^{-3}$). Die zur Eichung benutzte elektrische Energie betrug rund 31500 Wattsekunden (7500 Gramm-Kalorien), die, wie erwähnt, eine Erwärmung von etwa 1,8° hervorriefen; der Wasserwert des mit etwa 3,7 *kg* Wasser gefüllten Kalorimeters, dessen Metallmassen (Kalorimetergefäß, Bombe, Rührer) ein Gewicht von etwa 3,8 *kg* besitzen, wurde dementsprechend zu rund 17000 Wattsekunden/Grad (entsprechend etwa 4,1 Kilogramm-Kalorien/Grad) ermittelt. Da bei der Eichung des Kalorimeters dasselbe Platinthermometer benutzt wurde wie bei der Bestimmung der Verbrennungswärme, so fallen im Resultat die Angaben des Thermometers selbst heraus, d. h. das Thermometer könnte eine willkürliche Skale besitzen, falls es nur unveränderlich ist, da sein Gradwert in elektrischer Energie ausgewertet ist. Die Angaben in Wattsekunden beziehen sich auf die Widerstands- und Spannungseinheit der Reichsanstalt. Auch diese elektrischen Einheiten können dadurch eliminiert werden, daß für die Umrechnung der Wattsekunden in Kalorien ein Wert benutzt wird, der auf dieselben elektrischen Einheiten bezogen ist. Eine Bestimmung dieses Wertes ist in der Reichsanstalt in Angriff genommen, aber noch nicht veröffentlicht worden. *W. J.*

Ein modifizierter Kryostat.
Ein Kryostat mit flüssigem Sauerstoff für Temperaturen unter −210° C.

Von H. Kamerlingh Onnes. *Communic. Phys. Labor. Univers. Leiden Nr. 94 c u. d. 1905.*

Von den älteren Apparaten des Verf. unterscheiden sich die hier beschriebenen wesentlich durch die Verwendung von Vakuum-Gefäßen, die erst seit einiger Zeit, besonders von R. Burger in Berlin, in der erforderlichen Größe hergestellt werden. Im übrigen bestehen sie, wie jene, aus einem Gefäße, das zur Aufnahme eines verflüssigten Gases und der in dieses tauchenden Meßgeräte dient. Ein Ringrührer sorgt für gleichmäßige Temperaturverteilung und eine Vakuumpumpvorrichtung für Erniedrigung des Druckes, unter dem das Gas siedet. So gelingt es, bei Regelung des Druckes nach den Temperaturangaben eines Thermoelementes (aus Konstantan-Stahl) oder eines Widerstandsthermometers (aus nacktem Platindraht, auf Glas gewickelt) die Temperatur auf etwa 0,01° konstant zu erhalten.

Eine Störung der Gleichförmigkeit scheint nur darin zu liegen, daß infolge der Verdampfung an der Oberfläche diese kälter ist als die tieferen Schichten; um das zu vermeiden,

soll später der Apparat dahin abgeändert werden, daß Dämpfe von niederer Temperatur den unteren Teil des Bades umspülen.

Für Temperaturen von —180° bis —195° erwies sich bisher der flüssige Sauerstoff, für solche von —195° bis —210° der flüssige Stickstoff als die geeignetste Badflüssigkeit, während man unterhalb des Erstarrungspunktes des Stickstoffs (etwa — 210°) wiederum Sauerstoff nehmen mußte. Neuerdings wird aber im Leidener Laboratorium nach Beschaffung einer Vakuumpumpe von großer Kapazität (etwa 360 *cbm* in der Stunde) auch für das mittlere Gebiet am zweckmäßigsten Sauerstoff verwandt, sodaß derselbe Kryostat nunmehr für den ganzen Bereich von —180° bis —217° brauchbar ist.

Bisher dienten die hier beschriebenen Apparate der Vergleichung von Thermoelementen mit dem Wasserstoffthermometer und der Messung von Isothermen zweiatomiger Gase, besonders des Wasserstoffs. *Hffm.*

Über ein neues Spiegelstereoskop nach L. Pigeon.

Beachtet man die verschiedenen, im Laufe der Zeit beschriebenen Stereoskope, d. h. Vorrichtungen, wobei jedem Auge eine besondere Zentralperspektive (Halbbild) dargeboten wird, damit sich aus ihrer Vereinigung ein körperlicher Eindruck ergebe, so kann man dabei ungezwungen zwei Hauptfälle unterscheiden. In der einen, früher auftretenden Gruppe werden die beiden Halbbilder den Augen ohne Vergrößerung dargeboten; in der zweiten, viel besser bekannten stehen Sammellinsen zwischen Halbbild und Auge, sodaß das Halbbild dem Auge unter einer — meist geringen — virtuellen Vergrößerung erscheint. Man kann die Vertreter dieser beiden Klassen nach den hauptsächlichsten optischen Bestandteilen, die bei ihnen vorzukommen pflegen, auch als Spiegel- und Linsenstereoskope unterscheiden.

Geht man auf ihre theoretische Durcharbeitung ein, so muß man feststellen, daß man bei den Linsenstereoskopen — von ganz geringen und längst vergessenen Bemühungen abgesehen — gar nicht versucht hat, im Anschluß an die Verhältnisse der Praxis zu einem Verständnis ihrer Wirkung zu kommen, und daß auch in jenen seltenen Fällen mit Voraussetzungen gerechnet wurde, die sich leider in der Praxis nicht erfüllt fanden. Daß sich ein solcher Zustand herausbilden konnte, das lag an der sonderbaren Verständnislosigkeit, mit der die Optiker ganz allgemein der Einrichtung des Menschenauges gegenüberstanden, und die erst durch die auf Hrn. A. Gullstrand zurückgehende Berücksichtigung des Augendrehungspunkts überwunden worden ist. Günstiger lagen die Verhältnisse für die Spiegelstereoskope. Freilich fehlten auch hier die Kenntnisse für eine ganz exakte Behandlung, aber einmal traten bei der Spiegelung überhaupt keine Abbildungsfehler auf, und dann mußten die Halbbilder, wenn eine bequeme Akkommodationsmöglichkeit für normale Augen geschaffen werden sollte, in einem verhältnismäßig großen Maßstabe entworfen werden, sodaß sich hier die Nichtbeachtung des Augendrehungspunkts weniger schwer rächte, als in dem Falle der Linsenstereoskope. Trotz ihres früheren Auftretens vermochten sich aber die Spiegelstereoskope doch nicht für den allgemeinen Gebrauch einzuführen, und zwar sprachen besonders Äußerlichkeiten gegen sie. Der Wheatstonesche Apparat, um den es sich in erster Linie handelte, war ja tatsächlich etwas sperrig, ließ eine gleichmäßige Beleuchtung der beiden Halbbilder nicht ohne Schwierigkeiten herbeiführen und verlangte zwei getrennte, ziemlich große Halbbilder. Es ist kein Wunder, daß er seit 1851 in immer steigendem Maße von den Linsenstereoskopen verdrängt wurde, die, in überwiegender Zahl nach dem Brewsterschen System gebaut, nun auch wirklich jeden der oben bezeichneten Anstände vermieden. Daß sie im übrigen durchaus nicht über alle Angriffe erhaben waren, schadete ihnen wenigstens zuerst in den Augen des großen Publikums nicht, das auch in diesem Falle die Bequemlichkeit im Gebrauch höher schätzte als die Richtigkeit des Raumbildes.

Um die Zeit der Einführung der Linsenstereoskope fehlte es nun nicht an Vorschlägen, die auf die ebenen Spiegel Ch. Wheatstones zurückgriffen, und die namentlich einsahen,

daß nicht notwendigerweise für jedes Auge eine Spiegelung einzuführen sei. Solche Anregungen finden sich bei H. W. Dove und Sir David Brewster, namentlich bei dem erstgenannten in einer sehr schönen Durcharbeitung. Doch haben diese beiden großen Physiker anscheinend keinen Wert auf die Konstruktion eines Gebrauchsstereoskops nach diesem Prinzip gelegt, sondern sich mit der bloßen Beschreibung ihrer Idee begnügt. Ein wenig weiter ging W. Rollmann[1]), der einen ebenen Planspiegel zur Herstellung eines besonders einfachen Stereoskops für Raumbilder stereometrischer Skelette verwandte. Seine Beschreibung mag hier folgen:

„Man lege zwei ganz gleiche stereoskopische Zeichnungen in gleicher Lage horizontal „vor sich hin, sodaß ihre Mittelpunkte etwa den Abstand der Augenmittelpunkte voneinander „haben, und stelle dann zwischen beide einen senkrechten Spiegel, dessen spiegelnde Fläche „z. B. nach links gekehrt sey. Dann sehe man mit dem rechten Auge die Figur rechts und „mit dem linken das Spiegelbild der Figur links an. Die direct gesehene Zeichnung und „die durch den Spiegel umgekehrte erzeugen dann den Körper.“

Ganz gewiß ist dieses Ziel, das er zu erreichen strebte, nicht ohne Interesse, und aus diesem Grunde hat es der Ref. seinerzeit auch für richtig gehalten, ein Exemplar des Rollmannschen Spiegelstereoskops unter die Sammlung des Münchener Museums der Meisterwerke aufnehmen zu lassen, aber bis zu einem allgemein gebrauchsfähigen Instrument fehlte doch noch viel. Daß W. Rollmann seine Arbeit so unvollendet gelassen hat, ist wohl auf den Mangel zurückzuführen, der bei allen deutschen Stereoskopikern der fünfziger Jahre zu bemerken ist: keiner von ihnen steht in irgend engerer Fühlung mit photographischen Amateuren oder Forschern, und so kam es, daß von den eleganten Vorschlägen der deutschen Physiker jener Zeit keiner direkt von der Technik aufgenommen wurde.

In den sechziger Jahren wandte sich das Interesse des großen Publikums von dem Stereoskop ab, sodaß eine Reihe älterer Konstruktionen später, etwa nach den neunziger Jahren, als das Interesse an der Stereoskopie wieder wuchs, wieder von neuem entwickelt wurde. Leider bestand nirgendwo eine auch nur angenähert vollständige Zusammenfassung der Leistungen jener Blütezeit, und, da sie auch zeitlich so weit zurücklag, so bieten die Bemühungen der zweiten Generation der Stereoskopiker das Bild einer gleichsam zufälligen Tätigkeit, wobei selten dort weitergearbeitet wird, wo den Vorfahren das Werkzeug aus der Hand geglitten war.

Das ist auch bei dem Stereoskop des Hrn. L. Pigeon zu bemerken. Es ist nicht anzunehmen, daß er bei den beschränkten literarischen Hülfsmitteln, die ihm in Dijon zur Verfügung standen, die Arbeiten W. Rollmanns gekannt habe; auch die Art und Weise, wie er als Professor der Chemie zur Beschäftigung mit dem Stereoskop kam, spricht nicht für eine Anlehnung an die frühere Zeit. In der Ausgestaltung seiner Idee aber übertraf er bei weitem seinen Vorgänger, denn er war von einer eingehenden Kenntnis der photographischen Verfahren ausgegangen und strebte einer möglichst einfachen und doch vollkommenen Befriedigung der praktischen Bedürfnisse zu.

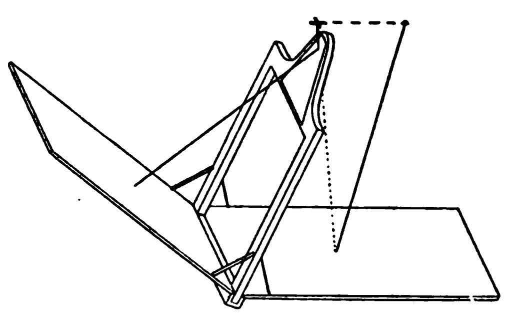
Sein Stereoskop findet sich in zwei französischen Patentschriften[2]) beschrieben: doch besonders lesenswert ist eine zusammenfassende Darstellung[3]), die er im Herbst des Jahres 1906 veröffentlicht hat. Die Abfassung ist bewunderungswürdig klar und verständlich, und die Arbeit steht nach dieser Richtung weit über entsprechenden Schriften, wie sie die letzten Jahre gebracht haben. Er geht von einer Besprechung des Wheatstoneschen Spiegelstereoskops aus, dessen Exaktheit seine vollständige Anerkennung findet, doch vermißt er für die Aufnahmen einen genügenden Gesichtswinkel, ein Übelstand, der sich auch durch einfache Abänderungen der Spiegelstellung nicht beseitigen lasse. Die Besprechung der Anaglyphen, womit L. Ducos du Hauron die Idee des Rollmannschen Farbenstereoskops

[1]) Zwei neue stereoskopische Methoden. *Pogg. Ann.* **90.** *S. 186—187. 1853.*

[2]) *Stéréoscope à grand champ et à miroir bissecteur. Br. Fr. 347975 dem. 16. XI. 1904, publ. 28. III. 1905* und *1re Addition 5455 dem. 15. XI. 1905, publ. 10. IV. 1906.*

[3]) *Étude sur la stéréoscopie. Ann. d'Ocul.* **136.** *S. 169—197. 1906.*

für photographische Aufnahmen in einer sehr eleganten Weise ausnutzte, läßt er auf die Behandlung der Stereoskope mit vier Spiegeln folgen — die an sich weniger wichtig, in Frankreich durch die ausgezeichnete Theorie des Präzisionsstereoskops von L. Cazes gut bekannt sind — und schließlich führt er auch die allgemeine Theorie des Brewsterschen Prismenstereoskops vor. Den Rest der Abhandlung füllt eine Beschreibung seines neuen „Winkelstereoskops mit Mittelspiegel" aus. Diese Einrichtung ist am nächsten verwandt mit der Wheatstoneschen Form, im besondern mit der oben geschilderten Abänderung nach W. Rollmann. Doch während dort nur der Gedanke ohne nähere Ausarbeitung beschrieben wurde, hat Hr. Pigeon, wie bereits erwähnt, das Verdienst, ein ausgezeichnet durchgearbeitetes Gebrauchsstereoskop geschaffen zu haben. Wie man aus der nebenstehenden Figur sieht, bilden die Ebenen der Halbbildträger etwa einen Winkel von 140 Grad miteinander. Das linke Halbbild ist spiegelverkehrt und wird in einem kleinen trapezförmigen Spiegel mit Oberflächenversilberung betrachtet. Zur Erleichterung der Verschmelzung werden die Bilder so eingelegt, daß die Mitten des rechten (unmittelbar) und des linken (gespiegelt gesehenen) Halbbildes etwa zusammenfallen. Man erreicht dadurch den Vorteil, daß die in dieser Richtung gelegenen homologen Bildpunkte in der gewohnten Verbindung von Konvergenz und Akkommodation vereinigt werden, und das erleichtert Ungeübten die Verschmelzung der ganzen Halbbilder in hohem Maße. Allerdings ist mit einer solchen Betrachtungsweise der Nachteil der Reliefperspektive verbunden, doch kann man ihm entgehen, wenn man bei der Betrachtung das rechte (direkt gesehene) Bild ein wenig nach rechts herauszieht, sodaß die Fernpunkte des physischen und des virtuellen Halbbildes in den Abstand der Augendrehungspunkte des Beobachters kommen. Eine entsprechende Vorstellung läßt sich aus einer Veröffentlichung des Erfinders[1]) entnehmen, wie er denn auch an einer andern Stelle[2]) das oben beschriebene einfache Mittel der Konvergenzänderung für die Zwecke der Ophthalmologen vorgeschlagen hat.



Pigeonsches Winkelstereoskop mit einem rahmenförmigen Spiegelträger.

Einem Punkte muß aber noch besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, das ist der Behandlung, die Hr. Pigeon der Ortho- und der Pseudomorphie des beidäugigen Raumbildes widmet. Solche Überlegungen scheinen nach der ersten Darlegung von Ch. Wheatstone um 1852 nur noch selten angestellt worden zu sein. 1881 hat H. Goltzsch etwa denselben Weg beschritten wie sein großer Vorgänger, und erst E. Abbe hat ungefähr um dieselbe Zeit mit ganz neuen Vorstellungen an der Lösung dieses Problems gearbeitet. In der vorliegenden Arbeit findet sich auch für die jetzige Generation der Stereoskopiker eine eingehende und die Möglichkeiten des Winkelstereoskops erschöpfende Behandlung dieser Qualität der Raumwahrnehmung. Bezeichnet man mit Hrn. Pigeon als die aufrechte Stellung des Winkelstereoskops die, wo der Spiegel vor dem linken Auge steht, und als umgekehrte, wenn der Spiegel dem rechten dient, so faßt er (auf *S. 196* unten) seine Regeln der Ortho- und Pseudoskopie in folgende Worte zusammen: „Kehrt man die Halbbilder im aufrechten Apparat um, oder kehrt man den Apparat um, ohne zu gleicher Zeit die Halbbilder umzukehren, so geht man von der Orthomorphie zur Pseudomorphie über." In diesem Falle führt also nicht die bloße Vertauschung der Halbbilder zum pseudoskopischen Eindruck, sondern zur Wahrnehmung des (natürlich tiefenrichtigen) Spiegelbildes des Objekts.

---

[1]) *Sur un stéréoscope dièdre à grand champ, à miroir bissecteur. Compt. rend.* ***141.*** *S. 247—249. 1905.*

[2]) *Sur les rôles respectifs de l'accommodation et de la convergence dans la vision binoculaire. Compt. rend.* ***141.*** *S. 372—374. 1905.*

Die Einrichtung des neuen Stereoskops vermeidet also nach dem Vorstehenden jede Anstrengung der Augen bei der Vereinigung der Halbbilder, die Verzeichnung und die Farbenfehler mangelhaft konstruierter Linsenstereoskope, erlaubt dagegen ein sehr großes Bildfeld, und zwar bei unbehindertem, direktem Sehen. Alles das wird mit den einfachsten optischen Mitteln erreicht, die den Preis niedrig zu halten erlauben.

Obwohl die Halbbilder größer sind als bei den gewöhnlichen Stereoskopen, können sie doch mit billigen Verfahren hergestellt werden, da sie bei der Betrachtung nicht vergrößert werden, und also ihr Korn unbemerkt bleibt. Man braucht also nicht wie bei den Linsenstereoskopen, photographische Abzüge auf einen festen Karton zu ziehen, sondern man reicht mit viel billigeren Druckverfahren aus. Dabei ist es vorteilhaft, die Halbbilder in Heften anzuordnen, da dann jede Verwechselung ausgeschlossen ist. Der in der Figur dargestellte Apparat mit einem rahmenförmigen Spiegelträger ist eben für solche Halbbildhefte eingerichtet.

Die Herstellung der großen Halbbilder kann mit Hülfe von Vergrößerungsverfahren nach den Negativen aus einer gewöhnlichen Doppelkamera erfolgen. Nebenbei hat Hr. Pigeon auch noch eine mehr unmittelbare Lösung vorgeschlagen, indem er die Spiegelung für das linke Halbbild schon in den Aufnahmeapparat einführte. Derartige „Doppelkameras mit Spiegelung" sind ihm durch ein französisches Patent geschützt worden[1]). Man erhält damit die Aufnahmen sogleich in dem großen Format, wie es für das Stereoskop nötig ist.

Diese Bemerkungen mögen genügen. Man sieht ohne weiteres ein, daß hier ein korrekter und dabei billiger Apparat geschaffen worden ist, der wohl dazu beitragen kann, das gegenwärtig noch wachsende Interesse am Stereoskop und an stereoskopischen Darstellungen zu fördern. Man kann nur lebhaft wünschen, es möge ihm eine gute Aufnahme beschieden sein.

Ein großer Vorzug liegt ganz im allgemeinen darin, daß hier eine gute und feine Idee nicht allein in dem Kopfe eines Amateurs der Optik entstanden ist, sondern daß sie auch von ihm in einer zweckmäßigen Form verwirklicht wurde. Die große Überlegenheit jener ersten Blütezeit des Stereoskops über die Gegenwart besteht eben darin, daß sich damals verständnisvolle und erfindungsfrohe Benutzer fanden, und es wäre mit großer Freude zu begrüßen, wenn Hr. Pigeon in der tatkräftigen Äußerung seines Interesses ebenbürtige Nachfolger fände. *M. v. Rohr.*

Neue Trockenplatte „Omnicolore", die nach Entwickelung die natürlichen Farben wiedergibt.

Von J. Jougla. *Bull. de la Soc. Franç. de Photographie* **23.** *S. 221. 1907.*

Die neuen Platten von Jougla bestehen aus einem regelmäßigen, mechanisch erzeugten Mosaik, welches aus mikroskopisch kleinen, dicht aneinander gereihten, blauvioletten, grünen und orangegelben Rechtecken zusammengesetzt ist. Dieses mit einem Raster vergleichbare Netz wird mit einem durchsichtigen Firnis überzogen und dann mit einer panchromatischen Emulsion übergossen.

Die Aufnahme geschieht mit einer gewöhnlichen Kamera, nach Einschaltung eines Kompensationsfilters, in der Weise, daß die Glasseite der Platte dem Objektiv zugekehrt wird, sodaß das Licht die verschiedenfarbigen Rechtecke passieren muß, bevor es zur empfindlichen Schicht gelangt.

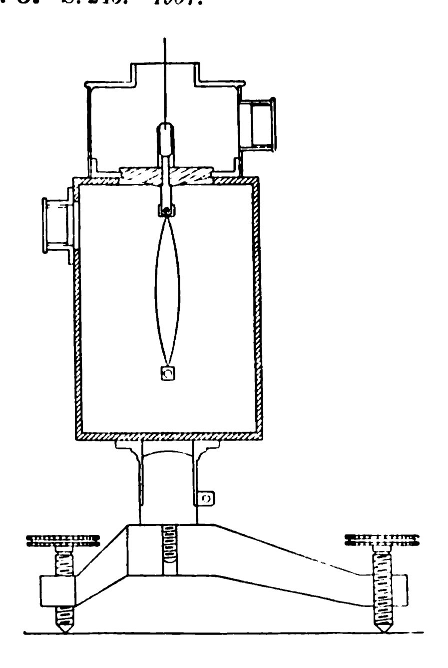
Man entwickelt im Dunkeln, wäscht die Platte, zerstört das negative Bild durch Bichromat und Säure, wäscht wieder, hellt durch Natriumsulfit auf und wäscht zum dritten Male. Dann wird zum zweiten Male entwickelt, aber diesmal in weißem Licht, die Schichtseite der Platte nach unten. Das weiße Licht reduziert das beim ersten Entwickeln nicht reduzierte Bromsilber, sodaß man jetzt ein positives Bild erhält, welches in Durchsicht die natürlichen Farben zeigt. Sobald die Farben die richtige Stärke zeigen, wird fixiert.

P. Culmann.

[1]) *Chambre versostéréoscopique donnant simultanément en grand angle et en tout format avec un écart variable des objectifs des couples de clichés stéréoscopiques. Br. Fr. 352113 dem. 24. II. 1905, publ. 3. VIII. 1905.*

Ein neues Elektrometer für statische Ladungen.

Von Th. Wulf. *Physikal. Zeitschr.* **8.** *S. 246. 1907.*



Das neue Elektrometer besteht aus zwei feinen Quarzfäden von etwa 6 *cm* Länge, die durch Kathodenzerstäubung mit einem dünnen Platinüberzug versehen sind (vgl. *diese Zeitschr.* **25.** *S. 339. 1905*). Die beiden Fäden sind oben und unten aneinander befestigt; das untere Ende trägt ein kleines Gewichtchen, in Form eines Stückchens Stanniol. Dieses System ist von einer metallischen Hülle umgeben. Wird den Fäden eine Ladung erteilt, so spreizen sie auseinander; mit einem Mikroskop von 70-facher Vergrößerung wird an einer Okularteilung abgelesen. Die Einstellung erfolgt infolge der Luftdämpfung fast aperiodisch und nahezu momentan, sodaß der Apparat auch als Oszillograph brauchbar sein soll. Die Ausschläge sind von einer gewissen Größe an praktisch proportional der Spannung. Bei 250 Volt wurden 150 Skalenteile erhalten. Die Kapazität ist nur 3 bis 4 *cm*.

Der Apparat (D. R. P. Nr. 181284) wird von der Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig hergestellt. *E. O.*

Die Konstanz von Thermoelementen.

Von W. P. White. *Phys. Rev.* **23.** *S. 449. 1906.*

Der Verf. hat eine systematische Untersuchung angestellt zur Auffindung der Ursachen, die gewisse Unsicherheiten in der Temperaturmessung durch Thermoelemente bedingen und hat sich besonders beschäftigt mit dem Grunde für die allmähliche Veränderung der bei der Messung hoher Temperaturen verwendeten Elemente aus Platin und Platin-Rhodium.

Die Resultate, zu denen er gelangt, führen vielfach auf bekannte Gesichtspunkte (vgl. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 149. 1902*) und sind im wesentlichen folgende. Störend wirkt die Inhomogenität des thermoelektrischen Materials, die verschiedene Ursachen haben kann, nämlich ungleichförmige Härte, Zerstäubung und besonders Legierung der Drähte mit Iridium oder Rhodium, das als Oxyd von ungefähr 900° an aus der Heizspule des Ofens oder dem Thermoelement selber verdampft und sich an den kälteren Stellen der Drähte niederschlägt. Der Einfluß der Zerstäubung ist bereits früher in der Reichsanstalt erörtert worden (*Wiss. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **4.** *S. 95. 1904*); die Tatsache der Legierung der Drähte, insbesondere des Platindrahtes, wurde gleichzeitig mit dem Autor von Holborn und Valentiner erkannt (*Ann. d. Physik* **22.** *S. 1. 1907*), die als wirksames und einfaches Schutzmittel dagegen Röhrchen aus Quarzglas benutzen, in die die Drähte gänzlich eingeschlossen werden.

White gibt einige sicherlich sehr brauchbare Methoden an, um die Inhomogenitätsstellen in den Drähten aufzufinden und die dadurch bewirkten Thermokräfte auch quantitativ zu bestimmen; dadurch wird die Möglichkeit gegeben, die schlechten Stellen der Drähte zu entfernen, ihren Einfluß zu kompensieren oder in Rechnung zu setzen.

Am wichtigsten ist der Fall, daß bei den Elementen aus Platin und Platin-Rhodium besonders der Platindraht durch Legieren mit Iridium oder Rhodium verdirbt, wodurch seine Thermokraft gegen den Platin-Rhodiumdraht verkleinert wird. Die Legierung ist im allgemeinen in der Nähe der Lötstelle am stärksten und nimmt nach dem freien Ende des Drahtes zu allmählich ab. Befände sich das ganze verdorbene Stück mit der Lötstelle auf gleicher Temperatur, so würde dieses Element den richtigen Wert für die Thermokraft er-

geben. Im allgemeinen wird dies nicht der Fall sein. Da man indessen meist die Lötstelle in die Mitte des Ofens führen wird, wo das Temperaturgefälle gering ist, so wird gerade die starke Legierung des Platindrahtes in der Nähe der Lötstelle nicht von großem Einfluß sein. An den Stellen schwächerer Legierung wird das Temperaturgefälle größer sein und darum die gesamte Thermokraft des Elementes sich kleiner ergeben, als bei einem unverdorbenen Element, indessen bei weitem nicht so viel kleiner als der Thermokraft an der Lötstelle des verdorbenen Elementes entspricht. Der genaue Wert läßt sich berechnen, wenn man für jede Stelle des Drahtes die Temperatur und die pro Grad Temperaturdifferenz gegen einen unverdorbenen Draht vorhandene Thermokraft kennt. Es ist wesentlich, daß bei Anwendung eines Elementes aus inhomogenem Draht oder bei seiner Vergleichung mit einem guten Element die Lage des Elementes im Ofen und dessen Temperaturverteilung unverändert bleiben.

Zur Auffindung von Inhomogenitätsstellen wurde folgendermaßen verfahren. Auf dem zu untersuchenden Draht wurde ein möglichst unverdorbener Draht aus demselben Material entlang geführt und der Thermostrom beobachtet, der durch Erwärmen der Berührungsstelle durch eine Bunsen-Flamme entsteht. Dieses Verfahren ermöglicht die Thermokraft zu messen, die durch das nach einer Richtung verlaufende Temperaturgefälle in dem inhomogenen Drahte hervorgerufen wird und man vermeidet dadurch, daß die durch das beiderseitige Temperaturgefälle in ihm entstehenden Thermokräfte sich entgegenwirken.

Um Drähte zu prüfen, die für Messungen in der Nähe von Zimmertemperatur bestimmt sind, bei denen man also nur verhältnismäßig kleine Temperaturdifferenzen anwenden kann, mußte der schon störend wirkende Einfluß kleiner Temperaturschwankungen der Drähte ausgeschlossen werden. Es wurde deshalb der Thermostrom zwischen zwei Hülfsdrähten aus demselben, aber möglichst homogenem Material gemessen, die den zu untersuchenden Draht an beliebigen Stellen im Abstand von etwa 2 *cm* berührten, während gleichzeitig die Berührungsstellen in thermischen Kontakt gebracht wurden mit je einem Kupferzylinder, von denen der eine von etwa 100° heißem Wasserdampf, der andere von kaltem Wasser durchströmt wurde. Für umsponnene Drähte ist diese Methode nicht anwendbar. Es wurde hier die Thermokraft zwischen zwei beliebigen Stücken solchen Drahtes dadurch gemessen, daß der zwischen diesen Stücken liegende Teil auf konstante Temperatur (Wasserdampf) gebracht und dadurch seine Inhomogenität eliminiert wurde.

Mit Hülfe der angegebenen Methoden zur Feststellung der Inhomogenität wurde gefunden, daß durch Glühen eines Platindrahtes in einer Gebläseflamme oder einer Atmosphäre von Leuchtgas und Kohlenoxyd nahe bis zur Temperatur des Schmelzpunktes keine Inhomogenität auftritt. In einem elektrischen Ofen mit einer Heizspule aus Iridium oder Platin-Iridium wurde der Platindraht stets inhomogen mit Ausnahme des Falles, wo der Draht von einem glasierten Rohr aus Marquardtscher Masse umgeben wurde, das bis 1500° geheizt werden konnte; der Platin-Rhodiumdraht wurde stets erheblich weniger beeinflußt als der Platindraht.

In den durch Legierung verdorbenen Platindrähten wurde durch die chemische Analyse bis 1,5% Ir festgestellt. Wie Iridium und Rhodium so wirkt auch Silizium und Eisen in reduzierender Atmosphäre auf den Platindraht. Bei Gegenwart von Sauerstoff bilden sich sofort Oxydverbindungen, die ohne Einfluß auf das Platin sind. Die schädliche Wirkung einer reduzierenden Atmosphäre ist nach Ansicht des Verf. stets nur eine indirekte.

Unter Beachtung aller Vorsichtsmaßregeln fand White, daß zwei Elemente aus Pt und PtRh in der Nähe von 1000° niemals mehr als $^1/_{20}{}^0$ voneinander abwichen. Für Messungen in der Nähe von Zimmertemperatur haben sich Elemente aus Kupfer und Konstantan gut bewährt. Bis zu 40° konnte mit ihnen eine Genauigkeit von 0,002° erreicht werden, wenn besonders auf die im Konstantandraht durch ungleichmäßiges Härten leicht auftretenden Inhomogenitäten geachtet wurde. *Hng.*

Neu erschienene Bücher.

Neue Preisverzeichnisse von C. Zeiß in Jena.

Astro. 8: Astronomische Fernrohre und Nebenapparate. III. Ausgabe. 64 S. 1906.
Astro. 10: Neue parallaktische Fernrohrmontierungen nach Meyer. 12 S. 1906.
Astro. 11: Geodätische Optik. 12 S. 1906.

Im Laufe des vorigen Jahres sind von der optischen Werkstätte von Carl Zeiß in Jena einige neue Preisverzeichnisse ausgegeben worden, in denen neben kleineren Fernrohren und Einzelteilen derselben (z. B. für Liebhaber der Himmelskunde) auch eine Anzahl von größeren Refraktoren und Reflektoren, zum Teil Neukonstruktionen, enthalten sind. Besonders dürften auch die für astrophysikalische und astrophotographische Zwecke bestimmten Nebenapparate die Leser dieser Zeitschrift interessieren.

Das Verzeichnis Astro. 11 stellt lediglich eine Preisliste für Objektive und Okulare dar, wie sie zumeist für geodätische Instrumente Verwendung finden; ferner sind darin rechtwinklige oder anders gestaltete Prismen, Plangläser, Faden- bezw. Strichplatten u. s. w. aufgeführt. Es soll hier nur auf das neue dreiteilige apochromatische Objektiv nach Dr. A. König hingewiesen werden, welches Bilder ohne sekundäres Spektrum liefert und sich durch eine verhältnismäßig große Brennweite auszeichnet. Es dürfte sich besonders für weittragende Nivellierinstrumente und große Universale eignen, da es voraussichtlich ein sehr klares Bild und damit ein großes Trennungsvermögen besitzt.

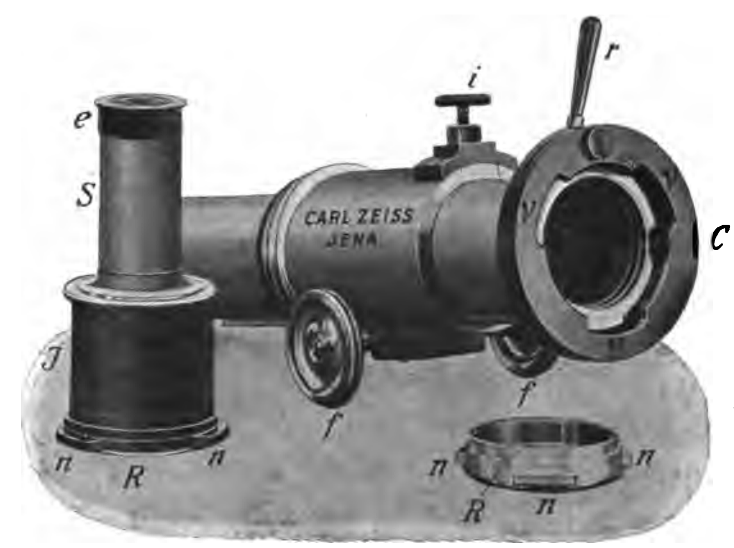


Fig. 1.

Das Verzeichnis Astro. 10 ist als eine Ergänzung des Hauptverzeichnisses, Astro. 8, zu bezeichnen und erläutert einen nach den Angaben des Konstrukteurs der Firma, Ingenieur F. Meyer, gebauten neuen Typus einer parallaktischen Montierung, die der Hauptkatalog nur kurz (*S. 33*) aufführt, sehr eingehend nach seinen verschiedenen Anwendungsformen. Es ist nicht zu leugnen, daß diese Konstruktion, über die, wie dem Ref. bekannt ist, von zuständiger Seite in dieser Zeitschrift noch eingehender berichtet werden wird, eine Reihe von Vorzügen besitzt. Vor allem ist die dem Durchschnittspunkt der Achsen nahe Lage des Okulares und die geringe Höhe der Massen über dem Aufstellungspfeiler hervorzuheben. Ob das Achsensystem selbst und der immerhin etwas komplizierte Entlastungsmechanismus sich auf die Dauer bewähren werden, läßt sich noch nicht entscheiden. Dieser Entlastungsmechanismus ist für Instrumente zu genauen Messungen, nachdem man ihn z. B. bei dem Gothaer und einigen anderen Refraktoren in ähnlicher Weise angewendet hatte, später wieder völlig verlassen worden. Indessen haben die Montierungen wegen ihrer vielfachen Benutzung zu spektroskopischen und photographischen Aufnahmen heutzutage andere Bedingungen zu erfüllen, als dies früher der Fall war. Auch dürfte der Umstand, daß ein Punkt des Himmels nicht immer in zwei Lagen des Instrumentes eingestellt werden kann, nicht zu den Vorzügen zu rechnen sein, wenn dafür auch lange Expositionszeiten ohne Wechsel der Achsenlage möglich werden.

Auf die Nebenapparate und die neuen Formen der größeren Objektive bezieht sich die zweite Hälfte des Kataloges „Astro. 8“. Es sei hier aufmerksam gemacht auf eine einfache Wechselvorrichtung für Okulare, das Sonnenprisma nach Colzi, die für die Astrophotographie besonders konstruierten Objektivformen: das astronomische Tessar und das Spezialobjektiv aus ultraviolett durchlässigen Gläsern. In den Preisen der größeren Instrumente sind die erforderlichen Nebeneinrichtungen bereits inbegriffen. Leider ist dies in den Preisverzeichnissen anderer Firmen nicht immer der Fall, und es muß vielfach durch mühsames Zusammensuchen das Hauptinstrument erst vervollständigt werden. Auch kann es als eine zweckentsprechende Neuerung bezeichnet werden, daß der Strahlengang in den Nebenapparaten insofern gleich mit berücksichtigt wird, als die dadurch bedingte Verkürzung des Ansatzrohres unter der Bezeichnung „Einstellungsdifferenz“ mit angegeben wird.



Fig. 2.

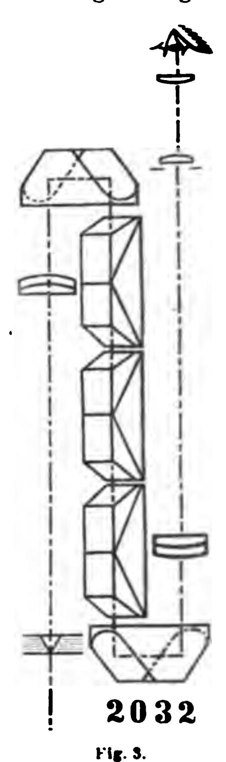


Fig. 3.

In Fig. 1 ist die praktische Neuerung zur schnellen Befestigung irgendwelcher Nebenapparate am Okularauszug dargestellt, die die lästigen langen Schrauben vermeidet. Mit jedem Nebenapparat ist ein Wechselring *R* fest verbunden; die Nasen *n* greifen nach Art eines Bajonettverschlusses in die Aussparungen *ν*; der Hebel *r* dient zum Festklemmen. Dagegen dürfte die unter Nr. 72 aufgeführte Einrichtung der Revolverwechselung des Okulares in Verbindung mit einem Umkehrprismensatz doch nur für Aussichtsfernrohre oder kleinere Liebhaberinstrumente Verwendung finden. Der praktische, wirklich messende Astronom liebt im allgemeinen solche Einrichtungen nicht.

Es folgen sodann Angaben über die Triebwerke, von denen die für elektrischen Antrieb und Sekundenkontrolle hier hervorgehoben werden sollen. Unter Nr. 100 sind die für photometrische Zwecke ganz vorzüglich geeigneten Absorptionskeile aufgeführt, deren große Homogenität sich selbst bei außergewöhnlich starker Dämpfung vorzüglich bewährt hat.

Zur Beobachtung der Sonne dürfte das neue Prismenokular mit Flüssigkeitsprisma nach Colzi gute Resultate versprechen, obgleich die Anwendung von Flüssigkeitsprismen auch mancherlei Bedenken begegnen wird. Die ebenfalls aufgeführten Polarisations-Helioskope haben allerdings den großen Vorzug der ganz willkürlichen Schwächung des Sonnenbildes ohne irgend welche Farbenänderung.

Die einfachen Fadennetze, Ring- und Schraubenmikrometer weisen irgend welche Besonderheiten nicht auf; nicht angeführt sind die auf photographischem Wege hergestellten „Fadennetze“, von deren Vorzüglichkeit, namentlich in feuchten Klimaten, der Ref. Gelegenheit hatte, sich zu überzeugen. Unter der Nr. 123—125 des Kataloges ist eine neue Anordnung des Protuberanzenspektroskops beschrieben, auf die ihrer kompendiösen Form wegen bei starker Dispersion hier noch näher eingegangen werden soll. Die äußere Ansicht zeigt

Fig. 2, während in Fig. 3 ein schematischer Durchschnitt gegeben ist. Das von dem Objektiv erzeugte Sonnenbildchen wird auf dem Spalt *u*, *v* erzeugt; dieser ist in seiner Breite mikrometrisch meßbar zu verändern und auch je nach der Stelle der Sonne, welche beobachtet werden soll, radial und im Positionswinkel verstellbar, letzteres durch Drehen des ganzen Apparates über dem Positionskreis bei *p*.

Der Prismensatz *à vision directe* besteht aus drei großen Amicischen Prismen, und der Strahlengang wird durch Zwischenschaltung zweier Umkehrprismen so geregelt, daß die Länge des ganzen Apparates auf etwa $^1/_3$ der Weglänge des Lichtes beschränkt wird. Das in Fig. 4 mit abgebildete kleine Kontroll-Fernrohr *F* dient zur Beobachtung des Sonnen-



Fig. 4.

bildchens auf den Spaltbacken. Die Hülse *P* enthält die Kollimatoreinrichtung und den Prismensatz, der in dem größeren Modell auswechselbar ist. Bei *g* können die Prismen herausgenommen und ausgewechselt werden, bei *o* und *n* sitzen die Schrauben zur Fokussierung des Beobachtungsfernrohres und zur seitlichen Verschiebung desselben zwecks scharfer Einstellung auf verschiedene Gebiete des Spektrums. Das Instrument ist nur für visuelle Beobachtungen eingerichtet.

Weiterhin folgen die Einrichtungen für Sonnen- und Mondphotographie, die in verschiedenen Formen gebaut werden, wesentliche Neuerungen aber nicht aufweisen. Das „Astro-Tessar“ und „Astro-Petzval“ sind im Durchschnitt dargestellt, ferner ist deren Montierung in der früher von M. Wolf benutzten Weise vorgeführt. Ultraviolett durchlässige

Objektivprismen mit brechendem Winkel von 50° werden bis zu 120 und mehr Millimeter Öffnung in Verbindung mit dem „U.V."-Spezialobjektiv angefertigt und mit diesem zugleich zweckmäßig montiert. Preise sind für diese Prismen nicht angegeben.

An diese spezielleren Teile astrophysikalischer Fernrohrausrüstungen schließen sich die Preisangaben für die verschiedenen Objektivkonstruktionen bis zu 200 *mm* Öffnung an und für die zugehörigen Okulare. Für größere Objektive werden die Preise besonders vereinbart, ebenso für Objektive mit anderen, besonders mit größeren Öffnungsverhältnissen für photographische Zwecke oder für Kometensucher.

Zum Schluß zeigt der Katalog noch eine kleine Abbildung der Versuchs-Sternwarte der Firma, aus der auch die Kuppeleinrichtung ersichtlich ist; für Kuppeln bis 6 *m* Innendurchmesser werden Preise angegeben. Ein Sachregister erleichtert in zweckmäßiger Weise die Auffindung der einzelnen Gegenstände.

Die Gesamtanordnung der Kataloge und die Ausführung der Illustrationen ist eine ganz vorzügliche und läßt die Sorgfalt und Mühe, die auf sie verwendet worden ist, wohl erkennen. *Ambronn.*

G. Kapp, Transformatoren f. Wechselstrom u. Drehstrom. Eine Darstellg. ihrer Theorie, Konstruktion u. Anwendung. 3., verm. u. verb. Aufl. 8°. VII, 326 S. m. 185 Fig. Berlin, J. Springer 1907. Geb. in Leinw. 8 M.

Sir William Ramsay, Die Gase der Atmosphäre und die Geschichte ihrer Entdeckung. 3. Aufl. Deutsch v. Chem. Dr. Max Huth. gr. 8°. VII, 160 S. m. 8 Abbildgn. Halle, W. Knapp 1907. 5 M.

W. A. Roth, Physikalisch-chemische Übungen. 8°. XII, 174 S. m. 44 Abbildgn. Hamburg, L. Voß 1907. Geb. 5 M.

L. Zehnder, Grundriß der Physik. gr. 8°. XXXII, 438 S. m. 355 Abbildgn. Tübingen, H. Laupp 1907. 7 M.; geb. 8 M.

A. Krisch, Barometrische Höhenmessungen und Reduzierungen zum praktischen Gebrauche von Jelineks Tafeln. Lex. 8°. 44 S. m. 8 Taf. im Text. Wien, A. Hartleben 1907. 2 M.

B. G. Teubners Sammlung von Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften mit Einschluß ihrer Anwendungen. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

Bd. XXI. G. H. Bryan. *Thermodynamics. An introductory treatise dealing mainly with first principles and their direct applications.* XIV, 204 S. m. Fig. 1907. Geb. in Leinw. 7 M. — Bd. XXV, 1. G. Loria, Vorlesungen über darstellende Geometrie. Autorisierte, nach dem italien. Manuskript bearb. deutsche Ausg. v. F. Schütte. 1. Tl.: Die Darstellungsmethoden. XI, 219 S. m. 163 Fig. im Text. 1907. Geb. in Leinw. 6,80 M.

Wissenschaft, Die. Sammlung naturwissenschaftl. u. mathemat. Monographien. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

2. Heft. G. C. Schmidt, Die Kathodenstrahlen. 2., verb. u. verm. Aufl. VII, 127 S. m. 51 Abbildgn. 1907. 3 M.; geb. in Leinw. 3,60 M. — 20. Heft. J. P. Kuenen, Die Zustandsgleichung der Gase u. Flüssigkeiten u. die Kontinuitätstheorie. X, 241 S. m. 9 eingedr. Abbildgn. 1907. 6,50 M.; geb. 7,10 M. — 21. Heft. E. Rutherford, Radioaktive Umwandlungen. Übers. v. M. Lewin. VIII, 285 S. m. 53 eingedr. Abbildgn. 8 M.; geb. in Leinw. 8,60 M.

J. Rodet, *Les Lampes à incandescence électriques.* 8°. XI, 200 S. m. 92 Fig. Paris 1907. 5 M.

R. Neuhauss, Lehrbuch der Mikrophotographie. 3., umgearb. Aufl. gr. 8°. XVI, 282 S. m. 63 Abbildgn. in Holzschn., 1 Autotypietaf., 1 Taf. in Lichtdruck u. 1 Heliograv. Leipzig, S. Hirzel 1907. 9 M; geb. 10 M.

F. R. Helmert, Die Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate m. Anwendungen auf die Geodäsie, die Physik u. die Theorie der Meßinstrumente. 2. Aufl. gr. 8°. XVIII, 578 S. Leipzig, B. G. Teubner 1907. Geb. in Leinw. 16 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVII. Jahrgang. **September 1907.** Neuntes Heft.

Über die Ausdehnung des technischen Pentans in tiefen Temperaturen und die Skale der Pentanthermometer.

Von

Fr. Hoffmann und **R. Rothe.**

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

In zwei früheren Veröffentlichungen des einen von uns[1]) war auf die Brauchbarkeit der mit käuflichem technischen Pentan gefüllten Thermometer zur Messung tiefer Temperaturen hingewiesen worden. Die Skale dieser Thermometer war bis jetzt, wie es in der Reichsanstalt auch früher für die Petrolätherthermometer geschehen ist, mittels einer quadratischen Interpolationsformel festgelegt, deren Koeffizienten durch Beobachtung der Ausdehnung des Pentans bei der Temperatur des schmelzenden Eises, des Sublimationspunktes der Kohlensäure (etwa —80° C.) und des Siedepunktes der Luft (etwa —190° C.) bestimmt sind. Solange es sich in erster Linie darum handelte, die Brauchbarkeit der Thermometer zu erproben, konnte man sich mit einer so interpolierten Skale wohl begnügen, allein in letzter Zeit sind die Pentanthermometer mehrfach auch an anderen Temperaturen als den oben angegebenen zu genaueren Messungen benutzt worden. Es bestand daher die Notwendigkeit, die Richtigkeit der interpolierten Skale durch direkte Beobachtungen zu kontrollieren.

Diese Messungen sollen im folgenden mitgeteilt werden: sie zeigen, daß es *nicht statthaft* ist, eine Formel von der Gestalt

$$V = V_0 (1 + \alpha t + \beta t^2)$$

für die Abhängigkeit des Volumens V des Pentans von der Temperatur t anzunehmen. Die Abweichungen dieser Formel von den direkten Beobachtungen betragen vielmehr bis zu fast 2 Grad.

Will man die Ausdehnung des Pentans durch eine nach Potenzen von t fortschreitende Reihe mit hinreichender Genauigkeit darstellen, so hat man bis zum *vierten* Grade vorzugehen.

Die Messungen fanden in der Weise statt, daß zwei mit Pentan gefüllte Dilatometer von ausgemessenen Dimensionen mit einem an das Gasthermometer angeschlossenen Platinwiderstandsthermometer bei verschiedenen tiefen Temperaturen verglichen wurden. Die einzige experimentelle Schwierigkeit war, solche tiefen Temperaturen von hinreichender Konstanz herzustellen.

Dazu diente ein schon früher beschriebener Thermostat[2]), der mit Petroläther beschickt und mittels flüssiger Luft abgekühlt wurde; eine elektrische Heizspirale

[1]) R. Rothe, *diese Zeitschr.* **22.** *S. 192. 1902;* **24.** *S. 47. 1904.*

[2]) R. Rothe, *diese Zeitschr.* **22.** *S. 14. 1902.*

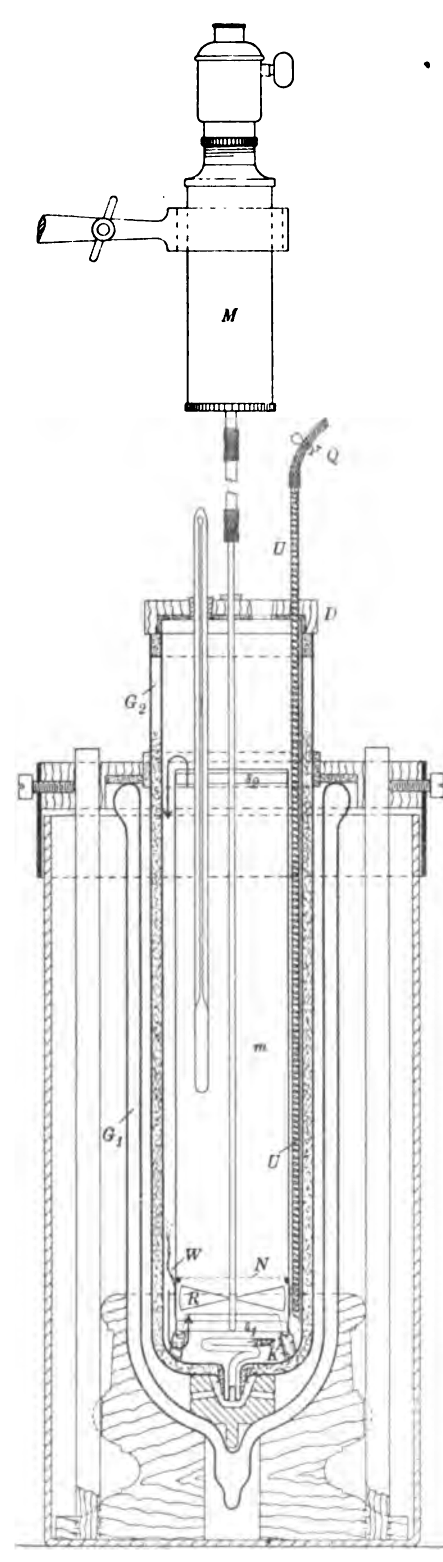


Fig. 1.

in der Flüssigkeit gestattete, den Temperaturgang hinreichend fein zu regulieren. Mit diesem Thermostaten ließen sich alle Temperaturen bis zu etwa — 130° C. hinab erreichen; bei weiterer Abkühlung aber wurde der Petroläther des Bades, wohl hauptsächlich infolge der aus der umgebenden Atmosphäre aufgenommenen Feuchtigkeit und Kohlensäure, so trübe, daß die Dilatometer nicht mehr abzulesen waren, und so dickflüssig, daß die Rührung nicht mehr wirkte. Um nun auch in dem Intervall von — 130° C. bis — 190° C. beliebige Zwischentemperaturen zu bekommen, wurde der Thermostat in etwas veränderter Form als *Luftbad* benutzt. Wenn auch auf diese Weise naturgemäß nicht so konstante Temperaturen erzielt werden konnten wie bei dem Flüssigkeitsbade, so konnten doch Abweichungen von den im Flüssigkeitsbade beobachteten Ergebnissen nicht festgestellt werden.

Da der Luftthermostat ungemein viel einfacher zu handhaben und die tiefen Temperaturen schneller und bequemer zu erreichen sind als bei dem Flüssigkeitsbade, dürfte er für manche Anwendungen brauchbarer sein. Wir geben daher hier eine kurze Beschreibung.

Wie der früher beschriebene Thermostat bestand auch dieser aus einem doppelwandigen, bis auf zwei durchsichtige Streifen versilberten Vakuummantelgefäß G_1 (Fig. 1), in dessen Innern sich ein zweites, nicht evakuiertes gläsernes Gefäß mit doppelten Wandungen G_2 befand. Der Zwischenraum zwischen beiden Gefäßen wurde mit der die Abkühlung bewirkenden flüssigen Luft angefüllt. Die Abkühlung erfolgte langsam durch die Wandungen des inneren Gefäßes oder schneller durch eine Vorrichtung, deren Wirkungsweise in der angeführten Abhandlung näher beschrieben wurde: ein im Innern des Gefäßes vom Boden erst spiralig dann gerade aufsteigendes, mit dem äußeren Raume kommunizierendes (früher U-förmiges) Glasrohr U gestattet nach dem Öffnen eines am obern Ende angebrachten Quetschhahnes Q der flüssigen Luft, in U emporzusteigen, ohne doch in das innere Gefäß selbst zu gelangen. Um das Hinausschleudern von flüssiger Luft durch die heftige Verdampfung zu verhindern, wurde im Innern des Rohres eine langgezogene Spirale aus dünnem Kupferdraht angebracht. In der Fig. 1 ist das Rohr U um 90° gegen

die anderen Teile des Apparates gedreht und deshalb, wo es mit diesen kollidiert, unterbrochen gezeichnet.

Die wesentlichste Veränderung erfuhr der innere eigentliche Thermostatenraum, der zu dem Luftbad mit elektrischer Heizung und Rührvorrichtung umgestaltet wurde. Ein zu den Wandungen konzentrischer Messingzylinder *m* hat am unteren Ende zwei Ausschnitte, die der Luft die Zirkulation im Sinne der eingezeichneten Pfeile ermöglichen. Er ruht auf zwei zum Schutze des Glases mit Kork *K* verkleideten Fortsätzen, die zwischen den Ausschnitten stehen geblieben waren. Oberhalb der Ausschnitte trug der Zylinder zum Zwecke der elektrischen Heizung mehrere gegen einander und gegen die Unterlage durch schellackierte Seide isolierte Windungen *W* aus 0,2 *mm* starkem Konstantandraht. Die Stromzuführungen wurden durch den Deckel *D* geleitet. Im Innern von *m* befand sich ein Rührwerk. Eine dünne Stahlachse, die in den Querbohrungen zweier Stege s_1 und s_2 lagerte, trug an dem unteren Ende acht breite Flügel aus Messingblech. Unmittelbar über diesen ruhte ein weitmaschiges Drahtnetz *N*, das die im oberen Teile befindlichen Instrumente vor einer Berührung mit den rotierenden Teilen des Rührwerkes schützte. Der Antrieb der Achse erfolgte von oben mit Hülfe eines kleinen elektrischen Motors *M*, der im Handel als Ventilator käuflich zu haben ist[1]) und sich für diese Zwecke recht gut bewährt hat. Nach Beseitigung der Ventilatorflügel stellt der Motor einen kleinen Zylinder von 12 *cm* Länge und 4 *cm* Durchmesser dar, an dessen einem Ende die rotierende Achse herausragt. Die handliche Größe und Gestalt ermöglicht es, ihn über dem Apparate in einem Stativ befestigt so aufzustellen, daß seine Achse nahezu in die Fortsetzung der Achse des Rührwerkes fällt. Die Verbindung beider zum Zwecke der Bewegungsübertragung erfolgte durch ein Zwischenstück (Glasrohr), das mit zwei kurzen, dickwandigen Gummischläuchen beiderseitig befestigt war. Diese Anordnung macht wie bei einem kardanischen Gelenke eine genaue Justierung des Motors unnötig, ja erlaubt es, ihn nach Bedarf etwas zu neigen oder zu verschieben, ohne daß dadurch die Drehung beeinflußt würde.

Die Luftbewegung, die das Rührwerk hervorrief, war im Innern des Messingzylinders nach oben, im äußeren Mantel nach unten gerichtet, sodaß die Luft, nachdem sie von der Heizung Wärme aufgenommen hatte, kräftig durchmischt an den Meßapparaten vorbeistrich.

Der Abschluß nach außen geschah durch einen über den Glasdoppelzylinder mit einem Falz übergreifenden, mit mehreren Bohrungen versehenen Holzdeckel *D*. Die wegen der im Innern stattfindenden Luftströmungen nötige Dichtung wurde am Rande durch Filz bewirkt; an der Achse genügte zum Verschluß ein kleines Scheibchen aus Hartgummi, auf dem etwas Vaseline ausgebreitet war.

Der ganze Thermostat befand sich in einem Schutzglase, dessen Deckel gleichzeitig den Verschluß für das Gefäß G_1 bildete.

Die Ablesung der Dilatometer erfolgte durch die doppelte Glaswandung des inneren Gefäßes hindurch. Das Bereifen wurde durch Aufstreichen eines Gemisches von Glyzerin und Alkohol wirksam verhindert.

Zur Konstanterhaltung der Temperatur waren je nach der Menge der flüssigen Luft etwa 6 bis 23 Watt erforderlich.

Das Platinwiderstandsthermometer hatte die für den dauernden Gebrauch in tiefen Temperaturen zweckmäßige Form mit Trockenvorrichtung im Kopfe[2]); es war

---

[1]) **Reiß & Klemm**, Berlin, Stallschreiberstr. 18.

[2]) Vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 52. 1904.*

mit denjenigen verglichen, die Hr. Holborn[1]) an das Gasthermometer angeschlossen hatte. Der Widerstand des Thermometers wurde dadurch gemessen, daß mittels des Kompensationsapparates die Spannung an seinen Enden mit derjenigen verglichen wurde, die an den Enden eines von demselben Strom durchflossenen Normalwiderstands aus Manganin von 10 Ohm herrschte. Der Thermometer-Widerstand betrug bei 0° 9,03561 Ohm. Die Temperatur wurde danach definiert durch die Formel[2])

$$W = W_0 (1 + \alpha t + \beta t^2)$$
$$\alpha = 0{,}003934 \qquad \beta = 0{,}000000988\,.$$

Die mit technischem Pentan von C. A. F. Kahlbaum, Berlin, gefüllten kalibrierten Dilatometer Nr. 55 und Nr. 57 waren bereits früher zu Ausdehnungsbestimmungen benutzt worden. Einem Intervall der Teilung, 0,75 *mm*, entsprechen etwa 0,7° C. Obwohl beide Dilatometer gleichzeitig und unter denselben Bedingungen mit demselben Pentan gefüllt waren, zeigten sie doch merkliche Unterschiede in ihren auf Kaliberfehler u. s. w. korrigierten Angaben. Wir führen diese Unterschiede, die mit einem gewissen Gange verlaufen und ihren größten Wert von 0,3° bei — 150° C. erreichen, darauf zurück, daß beim Füllen und Einstellen der Dilatometer leichter siedende Teile der Füllflüssigkeit doch in verschiedenem Maße verdampft sind, wodurch merkliche Änderungen der Ausdehnung entstanden sind (vgl. Spalte *d* der Tab.). Bei der Berechnung der Ausdehnung wurde das Mittel der Angaben beider Dilatometer zugrunde gelegt.

Es seien nun V_t und V_0 die Volumina der im Dilatometer eingeschlossenen Flüssigkeit bei t^0 und bei 0°, x_t und x_0 die entsprechenden, auf Kaliberfehler korrigierten Einstellungen an der Kapillare und q der mittlere Querschnitt der letzteren; dann wird die Ausdehnung der Flüssigkeit definiert durch

$$A_t = \frac{V_t - V_0}{V_0} = \frac{x_t - x_0}{V_0} \cdot q\,.$$

Die nur von den geometrischen Dimensionen des Dilatometers abhängige Konstante

$$\varrho = \frac{q}{V_0}$$

ist nun für jedes Dilatometer durch Auswägung vor der Füllung bestimmt worden, und zwar

	für Nr. 55	für Nr. 57
	$\varrho = 0{,}011399_3$	$0{,}011373_8$.

Danach läßt sich also die Ausdehnung nach den Einstellungen der Dilatometer berechnen auf Grund der Formel

$$A_t = \varrho\,(x_t - x_0)\,.$$

Im ganzen wurden etwa siebzig Vergleichsreihen der Pentan-Dilatometer mit dem Platinwiderstandsthermometer oder, in Temperaturen über 0°, mit Quecksilberthermometern ausgeführt, die meisten in dem Flüssigkeitsbade oder dem beschriebenen Luftthermostaten, einige im Wasserbade, in der Kohlensäure-Alkohol-Mischung und in flüssiger Luft. Es erübrigt sich, die Einzelwerte mitzuteilen, sie wurden graphisch

---

[1]) *Ann. d. Physik* **6.** *S. 247. 1901.*

[2]) Nach den vor kurzem veröffentlichten Messungen der Hrn. Kamerlingh Onnes, Meilink und Clay gibt diese Formel die Temperaturen des Wasserstoffthermometers bis auf 0,15° wieder; vgl. *Communic. Phys. Labor. Univers. Leiden Nr. 93. 1904 u. Nr. 95c. 1906.*

und rechnerisch ausgeglichen. Innerhalb des Intervalls von + 30° bis etwa — 190° können sie mit einer relativen Genauigkeit von etwa 1 bis 2 zehntel Grad durch die Formel

$$A_t = 10^{-6}\, t \cdot (1506{,}97 + 3{,}453_5\, t + 0{,}0097_5\, t^2 + 0{,}00001 \cdot t^3) \qquad 1)$$

dargestellt werden. Die folgende Tabelle enthält in der Spalte *a* die daraus berechneten Zahlenwerte von 10° zu 10°. Danach können Teilungen von Pentanthermometern hergestellt werden. Die in der früheren Veröffentlichung des einen von uns mitgeteilten speziellen Vorschriften zur praktischen Anfertigung der Teilung müssen natürlich entsprechend der andern Ausdehnungsformel abgeändert werden. Findet man bei einer Temperatur τ die Einstellung x_τ, so ist jede andere gegeben durch die Formel

$$x_t = x_0 + \frac{A_t}{A_\tau}(x_\tau - x_0)\,. \qquad 2)$$

Die Thermometerfabrikanten sind gewöhnt, mit der sogenannten Mutterskale zu rechnen, worunter man eine solche zu verstehen pflegt, bei der die „Grade" in Vielfachen des hundertsten Teiles des Intervalles 0 bis 100 angegeben sind; ihr entspricht eine Reihe von Werten, die nach der Formel

$$x_t = x_0 + (x_{-100} - x_0)\frac{A_t}{A_{-100}} \qquad 2a)$$

berechnet sind. In der Spalte *b* der folgenden Tabelle sind die Werte $-100\frac{A_t}{A_{-100}}$, die sich aus der Formel 2a) ergeben, wenn darin $x_0 = 0$ und $x_{-100} = -100$ gesetzt wird, mitgeteilt.

t	*a*	*b*	*c*	*d*
+ 30°	+ 4859	+ 38,90	— 3,26°	
+ 20	+ 3160	+ 25,30	— 1,97	— 0,02°
+ 10	+ 1542	+ 12,34	— 0,88	01
0	0	0,00	0	00
— 10	— 1473	— 11,79	+ 0,67	00
— 20	— 2883	— 23,08	+ 1,14	00
— 30	— 4236	— 33,91	+ 1,42	00
— 40	— 5535	— 44,31	+ 1,51	+ 0,01
— 50	— 6787	— 54,34	+ 1,44	02
— 60	— 7996	— 64,01	+ 1,22	03
— 70	— 9167	— 73,39	+ 0,88	04
— 80	— 10304	— 82,49	+ 0,45	06
— 90	— 11411	— 91,35	— 0,02	07
— 100	— 12491	— 100,00	— 0,51	09
— 110	— 13549	— 108,47	— 0,98	11
— 120	— 14588	— 116,79	— 1,39	13
— 130	— 15611	— 124,98	— 1,70	14
— 140	— 16620	— 133,06	— 1,89	15
— 150	— 17619	— 141,05	— 1,88	16
— 160	— 18609	— 148,98	— 1,70	15
— 170	— 19593	— 156,86	— 1,30	13
— 180	— 20573	— 164,70	— 0,66	09
— 190	— 21550	— 172,52	+ 0,23	04
(— 200)	(— 22525)	(— 180,33)	(+ 1,39)	(— 0,02)

Um hiernach ein Instrument teilen zu können, bedarf es nur noch der Festlegung des Punktes —100°. Hierzu kann man sich der Temperatur —78,2° bedienen, die man durch ein Gemisch von fester Kohlensäure und absolutem Alkohol leicht erhält und nötigenfalls durch ein geprüftes Thermometer kontrolliert. Den Punkt —100° erhält man dann, indem man das Intervall von 0° bis —78,2 um 0,237 seiner Länge vermehrt, den Punkt —200° entsprechend durch Vermehrung um das 1,230-fache.

Für die meisten Fälle der Praxis wird diese Methode der Festlegung der Skale genügen, indessen ist natürlich, wenn flüssige Luft zur Verfügung steht, eine Vergleichung bei etwa —190° vorzuziehen. Auch hier würde aus der Bestimmung eines Punktes außer dem Eispunkte mit Hülfe der Formel 2) oder der Werte der obigen Tabelle die ganze Skale zu berechnen sein. So findet man z. B. die Lage des Punktes —100°, wenn die Vergleichung bei genau —190° stattgefunden hat, aus der der Tabelle zu entnehmenden Bedingung, daß das Intervall von 0° bis —100° sich zu dem bis —190° verhalten muß wie 100 zu 172,52.

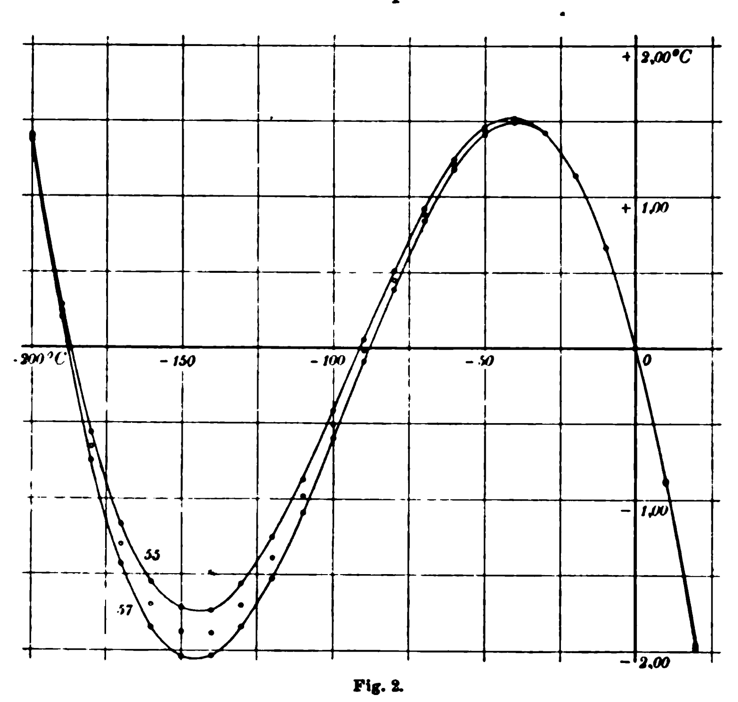


Fig. 2.

In der Spalte *c* der Tabelle findet man die Korrektionen in Grad Celsius, die an einer nach der provisorischen quadratischen Ausdehnungsformel berechneten Teilung anzubringen sind, um die Teilung nach der beobachteten Ausdehnung zu erhalten. Spalte *d* enthält die Abweichungen der beiden Dilatometer Nr. 55 und 57 von den unter *c* mitgeteilten Mittelwerten. In der vorstehenden Fig. 2 sind diese Korrektionen noch einmal graphisch dargestellt worden, und zwar derart, daß die ausgezogenen, mit 55 und 57 bezeichneten Kurven die Ausdehnungen beider Dilatometer einzeln darstellen, zwischen denen außerdem die zugehörigen Mittelwerte eingetragen sind. Da die Ausdehnung des Pentans in den beiden Dilatometern bereits Abweichungen bis zu 0,3° aufweist, so hat eine genauere Bestimmung kein allgemeines Interesse. Zu dem Verlauf der Kurve für die Korrektion sei noch folgendes bemerkt: Der ersten Bestimmung der Ausdehnung des Pentans lagen außer 0° die Temperaturen —80° und —190° zugrunde. Es sollten deshalb die Differenzen zwischen beiden Ausdehnungsformeln bei diesen Temperaturen verschwinden. Das ist nicht genau der Fall. Die geringen Abweichungen sind in der Anwendung verschiedener Normalien, von Thermoelementen bei den ersten, von Platinthermometern bei den jetzigen Beobachtungen, begründet; ihre Größe überschreitet jedoch nicht die Fehlergrenze der Messungen.

Die hier mitgeteilten Korrektionen der bisher von der Reichsanstalt an den drei Punkten 0°, —80° und —190° geprüften Pentanthermometer werden in vielen

Fällen eine nachträgliche Berichtigung wissenschaftlicher Messungen erforderlich machen. Als Beispiel sei eine Messung des Siedepunktes flüssigen Sauerstoffes angeführt, die Hr. Grunmach jüngst angestellt hat.

In seiner Arbeit: „Experimentelle Bestimmung der Oberflächenspannung von verflüssigtem Sauerstoff und verflüssigtem Stickstoff"[1]) findet er mit einem geprüften Pentanthermometer den Siedepunkt des 98-prozentigen Sauerstoffs zu —182,65° C. bei 762,2 *mm*. Dieser Wert ist wegen der Ausdehnung des Pentans zufolge der Tabelle um — 0,42° zu korrigieren. Um hieraus den normalen Siedepunkt des reinen Sauerstoffs zu berechnen, sind an dieser Zahl noch folgende Korrektionen anzubringen:

— 0,03° Reduktion auf 760 *mm*,

+ 0,44° wegen der Verunreinigung mit 2% Stickstoff,

sodaß man für den Siedepunkt des reinen Sauerstoffs bei 760 *mm* Druck —182,66° erhält, einen Wert, der mit den Angaben anderer Autoren übereinstimmt.

Über —190° hinaus ist eine Extrapolation der Korrektionen nicht ohne weiteres zulässig. Die Werte für —200° sind deshalb in der Tabelle eingeklammert.

Zwei Spektralapparate mit fester Ablenkung.

Von

Dr. F. Löwe in Jena.

(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von C. Zeiß.)

Ein Spektralapparat mit fester Ablenkung, d. h. mit unbeweglichem Fernrohre, ist einem mit drehbarem Rohre vorzuziehen, wenn der Spektralapparat einen Teil einer größeren Versuchsanordnung bildet, deren andere Teile an der Bewegung des drehbaren Fernrohres nicht wohl teilnehmen können. So wird z. B. vor den Spektralapparaten von höchster Leistungsfähigkeit, wie Michelsons Interferometer und Lummer und Gehrckes Interferenzspektroskop, zweckmäßig ein Spektroskop angeordnet, das zu einer vorläufigen Zerlegung des Lichtes dient; in gleicher Weise empfiehlt es sich, bei der Bestimmung der anomalen Dispersion vorzugehen. Ferner sei an die Aufgabe erinnert, ein auf dem Objekttische eines Mikroskops liegendes Präparat der Reihe nach mit dem Lichte einzelner Spektralbezirke zu beleuchten. Schließlich kann ein festarmiges Spektroskop im Okulartubus eines astronomischen Fernrohres gute Dienste leisten.

Die Grundlage für die Konstruktion eines jeden Spektralapparates bildet das Dispersionssystem, im vorliegenden Falle also ein Prisma oder Prismensystem, das, wenn es gedreht wird, der Reihe nach jede Farbe um denselben Betrag ablenkt.

Das einfachste Prisma von dieser Eigenschaft ist das Littrow-Abbesche 30°-Prisma, das auf der Rückseite versilbert ist. Ein solches Prisma, zusammen mit einem Autokollimationsfernrohre, stellt bereits einen Spektralapparat mit fester Ablenkung dar. Ein aus diesen Elementen zusammengesetztes Autokollimations-Spektroskop ist von Pulfrich[2]) angegeben worden. Von diesem unterscheidet sich das im folgenden zu beschreibende (Fig. 1) vor allem durch den neuen, symmetrischen und frei zugänglichen Spalt und durch den Wegfall der Drehungsachse und des Teilkreises. Die Spaltbacken (Fig. 2) werden durch zwei Federn *f* zusammen-

---

[1]) *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1906. S. 679.*

[2]) *Diese Zeitschr.* **14.** *S. 354. 1894.*

gedrückt; den Federn entgegen wirken zwei gleicharmig gemachte Winkelhebel, deren eine Enden aneinander und an der Spitze der Mikrometerschraube anliegen. Der Spalt ist seitlich außen am Fernrohre in einem kurzen Quertubus angebracht; auf diesen kann eine Schutzglasplatte für die Spaltbacken oder ein Vergleichsprisma, je mittels einer Fassung, aufgeschoben werden. Die äußeren Flächen der Spaltbacken

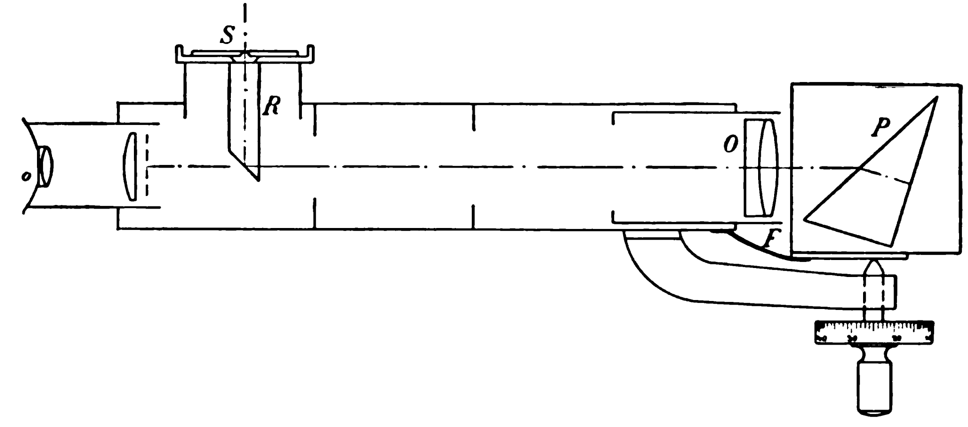


Fig. 1 ($^1/_2$ nat. Gr.). Schematische Skizze des einfachen Autokollimations-Spektroskops. Die Bandfeder F vertritt die Stelle einer Drehungsachse.

sind mit mattem weißen Lack überzogen, damit man das von einem Kondensor auf dem Spalte entworfene Bild der Lichtquelle, etwa eines Flammenbogens, bequem beobachten kann.

Die Bewegung der Mikrometerschraube, deren Trommelteile hundertstel Millimeter bedeuten, ist durch zwei harte Anschläge begrenzt; die größte Spaltbreite beträgt 1 *mm*, die Spaltlänge 4 *mm*. Ein Reflexionsprisma R (Fig. 1) leitet die durch den Spalt S getretenen Lichtstrahlen dem Fernrohrobjektive O zu. Dieses wird in der beim Justieren ermittelten Stellung festgeschraubt. Der Übergang von einer Farbe zur anderen erfolgt durch mikrometrische Drehung des Prismas P um eine zum Spalte parallele Achse. Wegen des geringen Bereiches, der für die Prismenbewegung ausreicht, ist versuchsweise an Stelle einer Drehungsachse ein Stahlband F angewendet, das einen stählernen, gehärteten Anschlag des Prismentisches gegen die Spitze der Mikrometerschraube drückt. Das Prisma ist mittels Stellschrauben justierbar, sodaß das Spektrum in jede gewünschte Höhe im Gesichtsfeld gebracht werden kann. Als Einstellungsmarke dient die in Fig. 3 veranschaulichte Kombination von Strich, Doppelstrich und Andreaskreuz. Je nach der erwünschten Dispersion wird ein 30°-Kron- oder -Flintprisma oder ein halbes Rutherfordsches Prisma angewendet, jedes natürlich mit versilberter und lackierter Rückfläche. Eine Kappe über dem Prismentische schließt alles fremde Licht aus. Soll das Spektroskop nicht als solches, sondern als Apparat zur Beleuchtung mit spektral zerlegtem Lichte, also als Monochromator dienen, so ersetzt man das Okular durch einen anderen, mit einer Spaltplatte und einer Linse ausgerüsteten Tubus. Ist dieser bis auf Anschlag eingeschoben, so liegt die Spaltplatte, im Sinne der Lichtbewegung gerechnet, dicht hinter dem Spektrum;

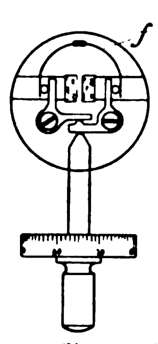


Fig. 2 ($^1/_2$ nat. Gr.). Symmetrischer Spalt. f ist eine gabelförmige Feder, die die Spaltbacken zusammendrückt.

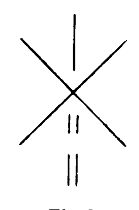


Fig. 3. Mikrometerplatte des Okulars.

die Platte enthält vier feste, je um 90° gegen einander versetzte Spaltblenden von je 4 *mm* Höhe und den Breiten $^1/_5$, $^1/_2$, 1 und 4 *mm*. Die Blenden sollen aus dem Spektrum einen Teil herausgreifen; um von einer Blende zur anderen überzugehen, dreht man den kleinen Tubus mitsamt der Linse. Diese ist für sich in der Richtung der Achse verschiebbar und dient je nachdem dazu, von der Spaltblende oder von dem Fernrohrobjektive ein reelles Bild an der gewünschten Stelle zu entwerfen. Wenn die Versuchsanordnung es verlangt, bringt man zwischen die Spaltplatte und die Linse noch eine Kollektivlinse. Das Öffnungsverhältnis des Objektivs, dessen Durchmesser 30 *mm* beträgt, kann in weiten Grenzen, etwa zwischen 1:4 und 1:18, schwanken und wird dem Zwecke der geplanten Untersuchung angepaßt. Es liegt nahe, das Instrument durch einen Quarzfluoritachromaten und ein Quarzprisma, das bei Autokollimation bekanntlich frei von Doppelbrechung gemacht werden kann[1]), für ultraviolettes Licht einzurichten. Es bleibt jedoch dann der Mangel bestehen, daß Silber für Strahlen der Wellenlängen um 3200 AE so gut wie durchsichtig ist[2]). Die reflektierende Silberschicht durch ein 90°-Prisma mit zwei Totalreflexionen und mit horizontal gelegten Kanten zu ersetzen, wäre sehr kostspielig.

Daher schied, als wir vor anderthalb Jahren durch Hrn. Geheimrat Voigt in Göttingen vor die Aufgabe gestellt wurden, einen Monochromator für ultraviolettes Licht zu bauen, das Prinzip der Autokollimation aus, und es mußte ein Prisma für durchfallendes Licht mit fester Ablenkung der Konstruktion zugrunde gelegt werden. Als solches bot sich das Abbesche Prisma mit einer inneren totalen Reflexion dar (Fig. 4), das man in ganz allgemeiner Form, ohne Beschränkung auf einen bestimmten Betrag der Ablenkung, in einer der ersten Abhandlungen Abbes über die Theorie des Mikroskops[3]) beschrieben findet. Auf dieses Prisma gründet sich die Konstruktion des zweiten, nunmehr zu beschreibenden Spektralapparats, der einen Monochromator, ein Spektroskop und einen Spektrographen in sich vereinigt und als „festarmiger Spektralapparat" bezeichnet werden soll. Um die Wirkungsweise des Abbeschen Prismas zu verstehen, wollen wir es aus drei Teilen entstehen lassen. Angenommen, das Prisma solle die Dispersion eines 60°-Prismas und die feste Ablenkung ε für jede Farbe haben. Um diese Forderungen zu erfüllen, genügt ein Reflexionsprisma und zwei 30°-Flintprismen; das Reflexionsprima *BCE* muß für senkrechten Eintritt und Austritt des Lichts berechnet sein, wobei die Eintritts- und Austritts-

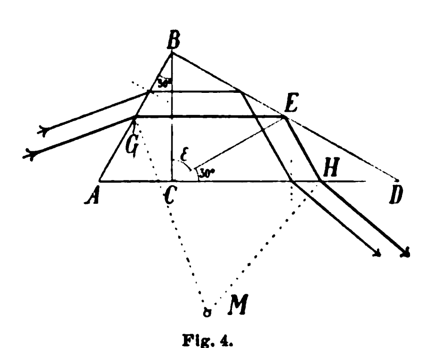


Fig. 4.
Abbesches Prisma mit konstanter Ablenkung.

1) Vgl. R. Straubel, Über Quarzprismen. *Ann. d. Physik* **7.** *S. 905. 1902.*

2) Vgl. z. B. E. Hagen und H. Rubens, Das Reflexionsvermögen einiger Metalle für ultraviolette und ultrarote Strahlen. *Diese Zeitschr.* **22.** *S. 42. 1902;* daselbst finden sich ausführliche Literaturangaben für diese Tatsache.

3) E. Abbe, Gesammelte Abhandlungen. Jena, G. Fischer 1904. Bd. 1, Erste Abhandlung: Über einen Spektralapparat am Mikroskop. *S. 4;* abgedruckt aus der *Jen. Zeitschr. f. Medizin u. Naturwissensch.* **5.** *S. 459—470. 1870.* Anscheinend ohne Kenntnis von dieser Abbeschen Arbeit haben H. Goltsch, *Rep. d. Phys.* **18.** *S. 188—190. 1882* das Prisma mit 60°-Ablenkung und Ph. Pellin und A. Broca im *Journ. de phys.* **8.** *S. 314. 1899* (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **20.** *S. 123. 1900*) das Prisma mit 90°-Ablenkung als neu veröffentlicht. An der Priorität E. Abbes für beide Formen ist jedoch kein Zweifel, da er die Formeln für Prismenwinkel und Ablenkung ganz allgemein herleitete.

flächen CB und CE den Winkel $BCE = \varepsilon$ miteinander bilden. An dieses Prisma werden die 30°-Prismen so angelegt, wie Fig. 4 es zeigt. Betrachten wir nun einen Strahl, der im Inneren des Prismas senkrecht zu BC und, nachdem er an BE reflektiert ist, senkrecht zu CE verläuft, so bildet dieser Strahl mit den Flächen AB und AD je einen Winkel von 30° wie ein symmetrisch durch ein 60°-Prisma gehender Strahl. Ein solcher Strahl wird beim Eintritt in die Fläche AB im Sinne des Uhrzeigers um ebensoviel abgelenkt wie bei seinem Austritt aus CD entgegen dem Uhrzeiger; d. h. die durch Brechung des Lichts erzeugten Ablenkungen heben sich gegenseitig auf, und es verbleibt nur die Ablenkung durch Reflexion, und diese hat den Wert $\measuredangle BCE = \varepsilon$. Diese Betrachtung ist von der Wellenlänge des Lichts gänzlich unabhängig, gilt also für alle Farben; d. h. ein solches Prisma hat eine feste Ablenkung für alle Farben, wenn man nur durch Drehen des Prismas dafür sorgt, daß jede Farbe mit der Eintrittsfläche im Prisma einen Winkel von 30° einschließt, mit andern Worten, daß jede Farbe unter demselben Winkel in das Prisma eintritt, den es bei symmetrischem Durchgange durch ein 60°-Prisma von demselben Glase mit der Eintrittsfläche in Luft bilden würde. Das Reflexionsprisma BCE kann aus beliebigem Glase sein; aus einem anderen Glase wie die 30°-Prismen wird man es jedoch nur dann anfertigen, wenn die für die Dispersionsprismen verwendete Glassorte eine zu starke Absorption im Violett aufweist. In allen anderen Fällen vereinigt man die drei Prismen zu einem einzigen. Die Fig. 4 und 5 zeigen, zu welchen Formen man kommt, wenn man die Ablenkung ε zu 60° oder 90° festsetzt. Das Abbesche Prisma mit fester 60°-Ablenkung ist bei gleichem Querschnitte des ohne Abblendung hindurchgehenden Strahlenbüschels kleiner und leichter als ein entsprechendes Prisma mit 90°-Ablenkung; dafür ist die Summe der plan zu polierenden Flächen an dem 90°-Prisma etwas kleiner. Wegen der größeren Masse des 90°-Prismas wird man bei wertvollem Materiale dem 60°-Prisma den Vorzug geben. So ist z. B. auch der „festarmige Spektralapparat“ mit 60°-Prismen ausgerüstet worden und zwar mit *zwei* solchen Prismen. Ein *Prismenpaar* bietet neben der Verdopplung der Dispersion noch den Vorteil, daß bei richtiger Anordnung der Prismen das Fernrohr dem Kollimator parallel ist; dies vereinfacht die Aufstellung des Apparates im Zusammenhange mit anderen Instrumenten.

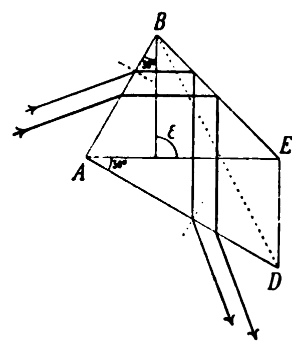


Fig. 5.
Pellin und Brocas Prisma mit konstanter 90°-Ablenkung.
Das Dreieck ABD stellt ein Abbesches Prisma von gleicher Öffnung und gleicher Dispersion dar, aber mit 60°-Ablenkung.

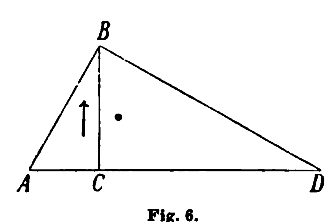


Fig. 6.
Zweiteiliges Quarzprisma mit konstanter 60°-Ablenkung nach Straubel.
Lage der Achsen: im kleinen Prisma parallel BC, im großen Prisma senkrecht auf der Basis BCD.

Für sichtbares Licht benutzt man ein Paar Flintprismen und ein Paar Glasachromate, für ultraviolettes Licht Quarzprismen und Quarzfluoritachromate. Einfache Quarzprismen sind wegen der bei keiner Lage der optischen Achse vermeidlichen Doppelbrechung hier nicht brauchbar; frei von Doppelbrechung ist aber ein bereits vor Jahren von R. Straubel angegebenes zweiteiliges Quarzprisma mit fester Ablenkung. Wie Fig. 6 zeigt, besteht es aus zwei rechtwinkeligen 30°-Prismen; die größere Kathete des kleinen Prismas ist mittels eines Tropfens Glyzerin an die kleinere Kathete des großen Prismas angelegt. Die optische Achse liegt beim kleinen Prisma

parallel der Ebene der Kittfläche senkrecht zur brechenden Kante *B*, beim großen Prisma parallel den Prismenkanten; bei dem kleinen Prisma liegt also die Achse in der Einfallsebene, bei dem großen senkrecht zur Einfallsebene. Läßt man natürliches Licht einzeln durch Prismen treten, sodaß es aus der Kittfläche des ersten Prismas senkrecht austritt und in diejenige des zweiten senkrecht eintritt, so zeigt der weniger stark abgelenkte ordentliche Strahl beim Austritt aus dem ersten Prisma den entgegengesetzten Polarisationszustand wie beim Austritte aus dem zweiten Prisma; dasselbe gilt für den außerordentlichen Strahl. Dagegen läßt das durch beide aneinander gelegte Prismen gegangene Licht, mit dem Nicol betrachtet, keine Polarisation erkennen, und es ist keine Doppelbrechung bemerkbar.

Jedes Prisma muß sich um eine besondere Achse drehen; diese ist so zu wählen, daß das aus dem Kollimator tretende Strahlenbüschel, möglichst ohne etwas von seinem Querschnitte durch Vignettierung einzubüßen, voll in das Objektiv des Fern-



Fig. 7. Festarmiger Spektralapparat.

rohres eintritt. Die Mitte *G* der Eintrittsfläche *A B* des Prismas in Fig. 4 wird sich bei einer Drehung des Prismas gegen die Achse des eintretenden Strahlenbüschels seitlich am wenigsten verschieben, wenn die Achse des Strahlenbüschels Tangente an dem Kreisbogen ist, den der Mittelpunkt *G* beschreibt. Dasselbe gilt für den austretenden Strahl und den Mittelpunkt *H* der wirksamen Austrittsfläche; der geometrische Ort für den Drehungsmittelpunkt *M* ist also die in *G* auf dem eintretenden und die in *H* auf dem austretenden Strahle errichtete Normale. So wurde die Drehungsachse durch den Schnittpunkt der beiden, für die *F*-Linie berechneten Normalen gelegt. Die Forderung minimaler Vignettierung ist für das ganze sichtbare Spektrum befriedigend erfüllt, für das ultraviolette liegen noch keine Beobachtungen vor.

Als Drehungsachse dient für jeden Prismentisch ein konischer, mit nachstellbarer Mutter versehener Zapfen von reichlich 2 *cm* Länge; jeder Zapfen trägt einen Hebelarm. Diese werden durch eine Spiralfeder mit Stift in bekannter Weise gegen einander und an die Spitze einer Mikrometerschraube gedrückt. Die mit Trommel und Umdrehungszähler versehene Mikrometerschraube (s. Fig. 7) dient dazu, das Spektrum durch das Gesichtsfeld des Fernrohres im Spektroskope oder am symmetrischen Spalte des Spaltrohres im Monochromator oder über die empfindliche Schicht

in der Kamera des Spektrographen vorüberwandern zu lassen; man eicht sich die Mikrometerbewegung mit Spektrallinien bekannter Wellenlängen.

Der festarmige Spektralapparat ist der vielseitigsten Verwendung fähig; es sollen hier zunächst nur seine Anwendungen als Monochromator, als Spektrograph und als Spektroskop in aller Kürze beschrieben werden.

Aus Kollimatorrohr, Prismensystem und Spaltrohr zusammengesetzt, stellt der Apparat einen Monochromator für sichtbares Licht dar; der Ausdehnung seines Bereiches auf das ultrarote und das ultraviolette Spektralgebiet steht nichts im Wege, da die Prismen und Objektive leicht ausgewechselt werden können. Zur Eichung der Mikrometereinrichtung nach Wellenlängen wird man beim Arbeiten mit ultraviolettem Lichte dicht an den Spalt des Spaltrohres ein Bolometer bringen, um die im sichtbaren Gebiete des Spektrums begonnene Eichungs-Kurve weiter in das Ultraviolett auszudehnen; in gleicher Weise wird man im Ultrarot verfahren. Bei der Mannigfaltigkeit der Anforderungen, die an einen Monochromator gestellt werden, sind das gewählte Öffnungsverhältnis 1 : 12,5 und die Dimensionen der Prismen nur als ein Ausführungsbeispiel zu betrachten, das den üblichen Spektrometern angepaßt ist.

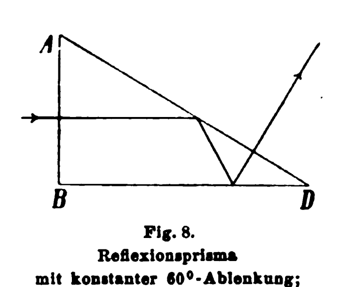


Fig. 8.
Reflexionsprisma mit konstanter 60°-Ablenkung; die Fläche *BD* ist versilbert.

Ersetzt man das in V-Lagern ruhende Spaltrohr durch eine Kamera, so ist der Spektrograph fertig. Dessen Dispersion ist im sichtbaren Spektrum verhältnismäßig geringer als im ultravioletten; deshalb kann die Benutzung eines Telesystems, das sich ohne Fokusdifferenz leicht gegen den Glas-Achromaten austauschen läßt, unter Umständen ratsam sein. Im Ultraviolett dürfte der neue Apparat erheblich bequemer sein als einer mit zwei Cornu-Prismen, die einzeln in das Minimum der Ablenkung zu stellen sind, da man bei dem neuen Spektrographen durch die Mikrometerschraube jede Wellenlänge in die Achse des Objektivs oder, was dasselbe ist, in die Mitte der Platte bringen kann.

Um den Spektralapparat als Spektroskop zu benutzen, tauscht man das Spaltrohr oder die Kamera gegen ein Fernrohr aus. Ist die Dispersion der zwei Prismen aus Schwerflint zu groß, so kann man eines der Prismen als Reflexionsprisma mit konstanter 60°-Ablenkung und mit senkrechtem Eintritt und senkrechtem Austritt benutzen, wobei ein Helligkeitsverlust durch partielle Reflexion durch die Versilberung der längeren Kathete *BD* in Fig. 8 vermieden ist. Ist die Dispersion der zwei Prismen dagegen zu gering, so ersetzt man das Okular des Fernrohrs durch ein Autokollimationsokular mit Spalt und schraubt auf das Objektivende des Kollimators einen justierbaren Planspiegel auf; alsdann hat man die Dispersion verdoppelt. Es ist bemerkenswert, daß die Eichung der Mikrometerschraube ohne weiteres auch für diesen Fall der *vier wirksamen Prismen* gültig bleibt; man hat nur die Schraube auf die einer bestimmten Spektrallinie, etwa der *F*-Linie, zukommende Stellung zu drehen und dann mittels einer bestimmten Justierschraube des Spiegels eben diese Linie auf den Schnittpunkt des Fadenkreuzes einzustellen.

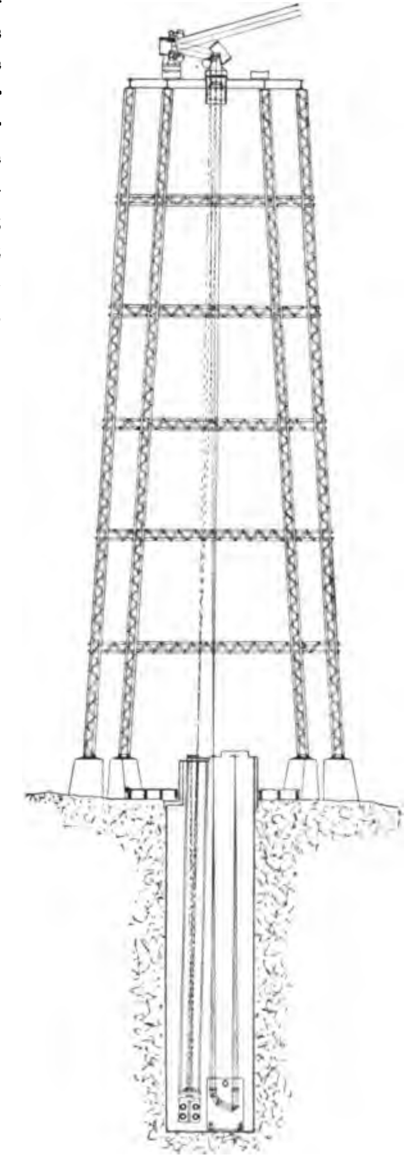
Der Ausbau des festarmigen Spektralapparats zu einem Spektralphotometer ist im Gange.

Referate.

Ein vertikales Coelostat-Teleskop.

Von G. E. Hale. *Astrophys. Journ.* **25.** *S. 68. 1907.*

Eine der wichtigsten und schwierigsten Aufgaben des Sonnen-Observatoriums auf Mount Wilson war die Beschaffung eines für die Beobachtung der Sonne geeigneten großen Teleskops. Bei Anwendung eines Spiegelteleskops bereitet die durch die Sonnenbestrahlung hervorgerufene Verbiegung der Spiegel und Luftunruhe weit größere Störungen, als dies bei nächtlichen Beobachtungen der Fall ist. Zwar würde ein parallaktisch aufgestellter Refraktor ganz erheblich unempfindlicher gegen die Bestrahlung sein, da sich ja das Objektiv beim Durchgange der Sonnenstrahlen nur sehr wenig erwärmt; allein die sehr großen Spektralapparate können nicht am Okularende eines solchen bewegten Refraktors angebracht werden, sondern erfordern unbedingt eine feste Aufstellung, also die Anwendung von Spiegeln.



Das Snow-Teleskop (vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 253. 1906*) entspricht, dank den getroffenen Vorsichtsmaßregeln, dieser Aufgabe recht gut; unter günstigen atmosphärischen Verhältnissen ist das von demselben entworfene Sonnenbild so scharf wie ein Stahlstich. Der einzige Übelstand ist eine bei längerer Bestrahlung der Spiegel eintretende Verschlechterung der Bilder und Änderung der Brennweite. Dies stört wenig, wenn das Teleskop immer nur kurze Zeit benutzt wird; allein bei langandauernden Belichtungen, wie sie bei der geplanten Anwendung eines 30 Fuß-Spektroheliographen notwendig wären, würde sich jener Einfluß der Bestrahlung sehr störend erweisen. Dazu kommt noch, daß schon durch die jetzigen Arbeiten des Observatoriums das Snow-Teleskop dauernd in Anspruch genommen ist, sodaß die Beschaffung eines zweiten Instruments erwünscht ist.

Prof. Hale hat daher den Plan zu einer neuen Coelostatenanlage entworfen, bei welcher jedoch die optische Achse nicht wie beim Snow-Teleskop nahe horizontal, sondern vertikal liegen soll. Die allgemeine Form des Entwurfs ist aus der Figur ersichtlich. Ein etwa 18 *m* hoher Turm aus Eisenkonstruktion trägt in der Mitte seiner oberen Plattform ein horizontal liegendes Objektiv von 18 *m* Brennweite und 30,5 *cm* Öffnung. Dieses Objektiv erhält sein Licht von einem darüber drehbar aufgestellten elliptischen Spiegel, dessen große und kleine Achse 56,5 *cm* bezw. 32,4 *cm* betragen. Der eigentliche, durch ein Uhrwerk bewegte Coelostatenspiegel ist seitlich davon auf Schienen fahrbar aufgestellt und kann der wechselnden Stellung der Sonne entsprechend jedesmal in die günstigste Lage gebracht werden. Dieser Spiegel ist rund und hat 43,2 *cm* Durchmesser.

Um die thermische Verbiegung dieser beiden unumgänglich notwendigen Planspiegel möglichst zu verringern, sollen folgende Vorsichtsmaßregeln getroffen werden. Erstens werden die Spiegel außergewöhnlich dick gemacht, sie erhalten eine Stärke von 30,5 *cm*.

Sodann soll nicht nur die vordere, sondern auch die hintere Fläche der Glasplatten poliert und versilbert werden, und während der Benutzung wird durch passend aufgestellte Reflektoren dafür gesorgt, daß auch die Rückseite des ersten Spiegels von den Sonnenstrahlen getroffen wird; beim zweiten ist dies, wie aus der Figur ersichtlich, schon von selbst der Fall. Die elliptische Form wurde dem zweiten Spiegel gegeben, damit stets seine ganze Fläche von dem vom ersten zurückgeworfenen Strahlenbündel ausgefüllt wird. Ref. möchte hier noch bemerken, daß gerade für die Sonnenbeobachtungen nicht übermäßig dicke Metallspiegel wegen des schnelleren Temperaturausgleichs vorteilhafter sein würden als die Glasspiegel.

Durch die Anwendung eines Objektivs an Stelle des beim Snow-Teleskop benutzten Hohlspiegels tritt allerdings wieder der Übelstand der mangelhaften Achromasie ein. Allein dafür bietet das Objektiv den Vorzug, daß es weit weniger empfindlich für Temperatureinflüsse ist, und daß es das Sonnenbild in der Nähe des Erdbodens entwirft, was bei einem Reflektor viel schwerer zu erreichen gewesen wäre. Bei dem senkrechten Verlauf der Strahlen in der Achse des Turms darf man erwarten, daß auch der Einfluß der vom erwärmten Boden aufsteigenden Luftschlieren wesentlich geringer sein wird, als wenn die optische Achse auf große Strecken dem Boden parallel verläuft. Um die direkte Bestrahlung des Fußbodens und des die Spiegel und das Objektiv tragenden Turms sowie auch Erschütterungen des letzteren durch den Wind abzuhalten, soll um den Turm herum und ganz von ihm getrennt noch ein zweites ebenso hohes Gerüst erbaut werden, dessen Seiten mit Segeltuch bespannt werden.

In Verbindung mit dieser mächtigen Coelostatenanlage sollen zwei Spektralapparate größter Dimension Verwendung finden, die zur Verhütung von Temperaturänderungen unterirdisch neben einander aufgestellt werden. Das in der Figur rechts skizzierte Instrument ist der schon erwähnte 30 Fuß-Spektroheliograph mit Objektiven von 9,1 *m* Brennweite und 20,3 *cm* Öffnung. Der Apparat soll, da die Beschaffung entsprechend großer Glasprismen bisher noch nicht gelungen ist, zwei Flüssigkeitsprismen erhalten, deren Flüssigkeit durch Rührwerke dauernd bewegt und auf konstanter Temperatur erhalten werden soll. Da man diesem großen Instrumente nicht gut die auch beim 5 Fuß-Spektroheliographen (vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 284. 1906*) noch vorhandene Transversalverschiebung erteilen kann, so soll, um den ersten Spalt über das Sonnenbild hinwegzuführen, das auf der Plattform des Turms befindliche Objektiv mittels eines Elektromotors bewegt werden, während gleichzeitig der photographischen Platte eine entsprechende Bewegung erteilt wird.

Links neben dem Spektroheliographen ist in der Figur noch ein Gitterspektrograph zu erkennen. Derselbe erhält ein gleichzeitig als Kollimator- und Kameralinse dienendes Objektiv von 15,2 *cm* Öffnung und 9,1 *m* Brennweite und ein Plangitter von 20,3 *cm* Durchmesser und 0,002 *mm* Strichdistanz. Dieser Apparat soll hauptsächlich zum Studium der Sonnenrotation und des Fleckenspektrums dienen. *J. H.*

Bestimmung der absoluten Größe der Schwerkraft zu Potsdam mit Reversionspendeln.

Von F. Kühnen und Ph. Furtwängler. *Veröffentl. d. Königl. Geodät. Institutes Neue Folge Nr. 27. Lex. 8°. XVI, 390 S. Berlin 1906.*

In den Jahren 1898 bis 1904 sind im Geodätischen Institut zu Potsdam absolute Schwerkraftsmessungen mit Reversionspendeln ausgeführt worden, deren Veröffentlichung der Zweck des vorliegenden Werkes ist. Es soll hier von dem unterzeichneten Verf. ein kurzer Bericht über diese Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung der instrumentellen Fragen gegeben werden.

Der Plan zu den Messungen ist aus orientierenden Vorversuchen, die der Direktor des Instituts, Hr. Geheimrat Helmert, im Jahre 1894 mit einem neu konstruierten Reversionspendel unternommen hatte, entstanden. Die mit diesem Pendel erhaltenen Resultate zeigten starke Abweichungen gegen andere Messungen, als deren Ursache Prof. Kühnen die bei den Pendelschwingungen auftretenden elastischen Verbiegungen des Pendels erkannte.

Helmert gab dann in seinen „Beiträgen zur Theorie des Reversionspendels“ (Potsdam 1898) neben anderen Studien eine ausführliche Untersuchung des aus der Elastizität der Pendel folgenden Fehlers, welche die beobachtete Abweichung hinreichend erklärte. Wenn hiernach auch die Messungen mit dem erwähnten, stark biegsamen Reversionspendel nicht als Präzisionsmessungen angesehen werden konnten, so hatten sie doch eine wichtige Fehlerquelle kennen gelehrt; denn es stellte sich heraus, daß auch bei den früher benutzten, wesentlich steiferen Reversionspendeln der aus der Pendelelastizität folgende Fehler nicht Null war. Das Helmertsche Werk hat auch als theoretische Grundlage bei unseren Untersuchungen gedient, bei denen wir uns das folgende Ziel gesteckt hatten:

In erster Linie eine möglichst genaue Bestimmung von g zu erlangen, sodann verschiedene Pendelapparate zu vergleichen und womöglich die noch bestehenden grofsen Differenzen in den bisherigen Beobachtungen aufzuklären.

Um die Untersuchung auch in den letztgenannten Richtungen ausdehnen zu können, waren uns auf Antrag von Hrn. Helmert zwei österreichische Reversionspendel von der Gradmessungs-Kommission in Wien und ein Reversionspendel von Hrn. Prof. Lorenzoni in Padua bereitwilligst überlassen worden, mit denen an den genannten Orten bereits absolute Schwerkraftsmessungen ausgeführt waren. Diese Vergrößerung unseres Instrumentariums ist natürlich auch der Bestimmung von g selbst zugute gekommen, denn man kann die wirkliche Genauigkeit absoluter Messungen weniger durch unveränderte Wiederholung der Beobachtungen als vielmehr durch möglichste Variation aller mit den Beobachtungen verknüpften Umstände steigern.

Bei unseren Messungen standen uns im ganzen fünf Reversionspendel zur Verfügung, nämlich drei unter sich nahezu gleiche Sekundenpendel von etwa 6 *kg* Gewicht (ein österreichisches, ein italienisches und ein dem Geod. Inst. gehöriges), ein leichtes österreichisches Sekundenpendel von 3 *kg* und ein dem Geod. Inst. gehöriges Halbsekundenpendel von 3,5 *kg* Gewicht. Die Pendel zeigten bis auf das letzte den bekannten Typus der Bessel-Repsoldschen Reversionspendel, nur bei dem Halbsekundenpendel ist in der Mitte des Pendels noch eine zylindrische Masse zur Erhöhung des Gesamtgewichts hinzugefügt. Die Messungen mit diesen Pendeln sind in dem vorliegenden Werke in drei Abteilungen geschildert, über die der Reihe nach berichtet werden möge.

Die erste Abteilung enthält die Beobachtungen, bei denen die Pendel in der üblichen Weise mit Schneiden auf ebener Unterlage schwangen. Diese Beobachtungen sind ebenso wie die im 2. Teil geschilderten im Pendelsaal des Geod. Inst. ausgeführt, bei dessen Einrichtung besonders auf günstige Temperaturverteilung und Erschütterungsfreiheit Bedacht genommen war. Als Stativ für die Pendel diente ein dreieckiges eisernes Gußstück, das durch starke Schrauben starr mit zwei Pfeilern verbunden war. Die eigentliche Unterlage für die schwingenden Pendel bildete dann eine eiserne, brückenförmige Konsole, die an beiden Enden mit dem Stativ verbunden war, um kleine drehende Bewegungen der Konsole zu verhindern, die bei der früheren einseitigen Befestigung durch das schwingende Pendel verursacht wurden. In der Mitte der Brücke befindet sich ein eingegipster Achatstein, auf dessen oberer Fläche die Pendelschneide ruht. Außer der oberen Fläche ist noch eine Seitenfläche eben geschliffen und hochpoliert, der eine kleine Halblinse in der Fassung des Steines mit einem schmalen Luftzwischenraum gegenübersitzt. Diese Einrichtung hatte den Zweck, durch Beobachtung der im Natriumlicht zwischen Linse und Achatstein entstehenden Interferenzstreifen festzustellen, ob der Achatstein bei der Pendelbewegung gegen die Konsole verschoben wird. Außerdem hatten die Steine in der Mitte oben einen kleinen Ausschnitt, in den kleine rechtwinklige Glasprismen eingelassen waren, um bei den Schwingungen des Pendels direkt die Bewegung der Schneide, nachdem sie versilbert war, beobachten zu können.

Die Horizontierung der oberen Steinfläche geschah in der Schwingungsrichtung direkt durch Libellen, die auf der Brückenkonsole saßen. In der Richtung senkrecht zur Schwingungsebene wurde zunächst mit Hülfe einer Libelle, die ebenso wie die Pendel mit einer Schneide

auf die Konsole gehängt und ohne Lösung der Konsole um 180° gedreht werden konnte (Gewicht 6 oder 4 *kg* entsprechend dem Gewicht des beobachteten Pendels), die Steinfläche in der Konsole horizontal gestellt. Da zur Einhängung des Pendels die Konsole gelöst werden mußte, wurde eine Hülfslibelle, die auch bei eingehängtem Pendel auf die Konsole aufgesetzt werden konnte, zur Kontrolle benutzt, ob die Horizontalität der Steinfläche wiederhergestellt war. Bei den Beobachtungen sind zwei verschiedene Konsolen und 5 Paar Schneiden (4 aus Achat, 1 aus Stahl) benutzt, darunter ein Paar besonders angefertigte „Universalschneiden" aus Achat, die in alle Pendel paßten. Diese sind eingehend auf die Geradheit der Schneidenkanten und den Winkel, den die äußersten Facetten an der Schneidenkante mit einander bilden, untersucht; außerdem wurden statische Versuche über die Zusammendrückbarkeit der Schneiden angestellt.

Die beiden fundamentalen Messungen, Bestimmung der Schwingungsdauer und des Schneidenabstandes, wurden in der üblichen Weise ausgeführt, nämlich die Ermittelung der Schwingungsdauer durch Vergleich der Pendelschwingungen mit denen einer astronomischen Uhr nach der Koinzidenzenmethode unter Benutzung eines elektrisch betriebenen Koinzidenzapparates, und die Messung des Schneidenabstandes durch Vergleich mit einem Maßstab im Vertikalkomparator (abgesehen von einigen Kontrollmessungen auf einem Horizontalkomparator). Bei den Längenmessungen wurde besondere Sorgfalt auf die Beleuchtung der Schneiden verwandt, die so reguliert wurde, daß Schneide und Hintergrund möglichst gleich hell erschienen. Daß die Anordnung der Beobachtungen symmetrisch war, die Beobachter wechselten u. s. w., ist selbstverständlich. Über die Ermittelung der zur Reduktion der Hauptmessungen erforderlichen Beobachtungsdaten: Temperatur, Luftdruck, relative Feuchtigkeit, Amplitude der Schwingungen, momentaner Uhrgang (von Hrn. B. Wanach auf Grund fortlaufender Zeitbestimmungen berechnet), Schwerpunktsabstand, brauchen hier ebenfalls keine weiteren Angaben gemacht zu werden. Das Mitschwingen der Pendelpfeiler wurde mit Hülfe eines Fadenpendels nach verschiedenen Methoden bestimmt, die zu übereinstimmenden Resultaten führten. Außerdem hat Hr. K. D. P. Rosén unter unserer Leitung das Mitschwingen der Pfeiler für verschiedene Azimute bestimmt und dabei die nach der Anordnung der Pfeiler zu erwartende Verschiedenheit gefunden. Die gleichzeitig in den verschiedenen Azimuten ausgeführten Bestimmungen der Länge des Sekundenpendels (das Stativ war dazu eingerichtet) harmonieren nach Anbringung der Korrektion wegen Mitschwingens sehr gut. Die Elastizitätskoeffizienten der Pendel sind aus statischen Versuchen ermittelt; die wegen der Elastizität der Pendel anzubringenden Korrektionen sind nach einer im wesentlichen mit den Helmertschen Resultaten übereinstimmenden Formel, für die eine andere Ableitung gegeben ist, berechnet.

Im zweiten Teile der Untersuchungen sind einige wichtige instrumentelle Abänderungen getroffen worden. Damit der Einfluß der umgebenden Luft auf die Pendelmessungen eliminiert wird, müssen die Pendel gewisse Symmetriebedingungen erfüllen, die bei unseren Pendeln zwar annähernd, aber doch nicht genau genug erfüllt waren. Da die Feststellung der Unsymmetrien durch direkte Messungen, die wir anfangs versucht hatten, keine guten Resultate gab, haben wir im zweiten Teile Messungen bei verschiedener Luftdichte (zwischen vollem und etwa 40 *mm* Luftdruck) ausgeführt. Der aus der Unsymmetrie der Pendel resultierende Einfluß auf die Bestimmung von g konnte bei seiner Kleinheit als linear angenommen werden, und unter dieser Annahme konnte dann auf Luftdichte Null extrapoliert werden. Bei der Messung des Schneidenabstandes ist stets, auch wenn die Beleuchtung noch so sorgfältig eingerichtet wird, ein konstanter Messungsfehler zu befürchten. Dieser kann zwar durch Verwendung verschieden langer Pendel eliminiert werden; immerhin schien es uns erwünscht, eine Kontrolle für seine Elimination zu haben. Es wurde deshalb bei den Untersuchungen des zweiten Teiles die Aufhängungsart in der Weise geändert, daß die Schneide fest mit der Konsole verbunden wurde und in das Pendel zwei Achatprismen mit je einer eben geschliffenen Fläche (Schwingungsfläche), mit der das Pendel auf der festen Schneide schwang, eingesetzt wurden. Um den an die Stelle des Schneidenabstandes bei der gewöhn-

lichen Anordnung tretenden Abstand der Schwingungsflächen zu ermitteln, waren auf den Seitenflächen der Prismen Striche parallel zu den Schwingungsflächen angebracht, deren Herstellung — sie waren eingeätzt und nachher geschwärzt — nach einigen Versuchen so gelang, daß sie wie Maßstabstriche eingestellt werden konnten. Die Entfernung dieser Striche wurde erstens, wenn die beiden Achatprismen mit den Schwingungsflächen zusammengelegt waren, und sodann, wenn sie im Pendel saßen, gemessen; die Differenz beider Messungen ergab die Entfernung der Schwingungsflächen. Wir hatten gehofft, daß durch die Verwendung der festen Schneide auch der Einfluß der verschiedenen Schneidenkrümmung, der bei der Benutzung zweier Schneiden auftritt, fortfallen würde, was sich aber nicht ganz bestätigt hat. Denn auch die Schwingungsflächen ergaben systematische Unterschiede und verloren überdies im Laufe der Untersuchungen etwas von ihrer ursprünglich guten Ebenheit, sodaß wir uns später sogar entschlossen, sie noch einmal abschleifen zu lassen. Wenn auch dies Verziehen des Achats zum Teil an der ungünstigen Form der Prismen, die durch die vorliegenden Pendel bedingt war, gelegen haben mag, so kann man doch im Zweifel sein, ob es nicht besser gewesen wäre, an Stelle von Achat ein anderes Material zu verwenden. Der Einfluß der Flächenverschiedenheit konnte ebenso wie bei der Verwendung zweier Schneiden durch Vertauschung der an den Pendelenden sitzenden zylindrischen Gewichte oder der Prismen eliminiert werden. Die Horizontalität der Schwingungsflächen wurde an der Stellung der Seitenflächen der Prismen, deren Winkel mit den Schwingungsflächen gemessen waren, geprüft. Endlich ist noch im zweiten Teile bei der Bestimmung der Schwingungsdauern ein optischer Koinzidenzapparat anstatt des elektrischen benutzt worden, was aber von keiner wesentlichen Bedeutung ist. Die Beobachtungen selbst sind im zweiten Teile in analoger Weise wie im ersten ausgeführt.

Ich komme endlich zum dritten Teile, der die Resultate und Genauigkeitsuntersuchungen enthält. Die mit den einzelnen Pendeln erhaltenen Bestimmungen von g oder, was auf dasselbe hinausläuft, der Sekundenpendellänge L sind *S. 363 u. 364* zusammengestellt. Nimmt man das Mittel aus 4 Bestimmungen von L, die sich durch Vertauschung der zylindrischen Gewichte (bezw. der Schneiden oder Schwingungsflächen) und durch Drehen des Pendels um seine vertikale Achse unterscheiden, als *eine* vollständige Bestimmung an, so liegen im ganzen 40 solcher Bestimmungen vor, von denen 25 auf den ersten Teil (Pendel mit Schneiden) und 15 auf den zweiten Teil (Pendel mit Schwingungsflächen) entfallen. Als Gesamtresultat hat sich

$$g = 981{,}274 \pm 0{,}003 \; cm/\text{Sek.}^2$$

ergeben, wobei der mittlere Fehler eher zu hoch als zu niedrig angesetzt ist; die Koordinaten des Beobachtungsortes sind

$52^\circ\ 22{,}86'$ n. Br.; $13^\circ\ 4{,}06'$ öst. L. v. Greenwich; 87 *m* Meereshöhe.

Wie bereits erwähnt, war es nicht nur unsere Absicht, eine möglichst genaue Bestimmung von g zu erlangen, sondern es sollten auch die verschiedenen Pendelapparate untersucht werden, um dadurch einen Beitrag zur Aufklärung der relativ großen Differenzen zu liefern, die noch zwischen verschiedenen absoluten Schwerkraftsmessungen bestanden. Versteht man unter L' das Resultat einer in dem oben angegebenen Sinne vollständigen Bestimmung der Sekundenpendellänge, so ist dieses L', wie theoretische Überlegungen wahrscheinlich machen, noch mit zwei Fehlern in der Weise behaftet, daß man für das fehlerfreie L den Ansatz hat

$$L = L' + \frac{q}{\varDelta} + \frac{p \cdot M}{\varDelta},$$

wo $\varDelta$ den Schneidenabstand (Flächenabstand), M die Masse des Pendels und p, q zwei Konstanten bedeuten. In q steckt im wesentlichen der konstante Längenmessungsfehler, aber eventuell auch noch andere kleine Einflüsse, während das letzte Glied der rechten Seite einen dem Pendelgewicht proportionalen Fehler darstellt. Ich betrachte es als ein Hauptresultat unserer Untersuchungen, daß die Zulässigkeit des obigen Ansatzes in weitgehendem Maße

experimentell gesichert ist. Denn die erwähnten theoretischen Überlegungen, die sich mit dem Einfluß der Schneidenbewegung beschäftigen, fußen keineswegs auf den allgemeinen Ansätzen der Elastizitätstheorie, sondern bedienen sich besonderer Hypothesen und sind darum wenig beweiskräftig. Die experimentelle Bestätigung zunächst für das Glied $\frac{q}{A}$ ergibt sich aus folgendem. Gleicht man die Beobachtungen mit Schneiden für sich aus, so ergibt sich mit den in der Abhandlung gewählten Einheiten $q = -10,3 \pm 3,3$, während die Ausgleichung der Beobachtungen mit den Flächen im Pendel $q = -2,4 \pm 7,2$ liefert. Es ergibt sich also im zweiten Falle ein ganz wesentlich kleineres q, das in Anbetracht seiner Unsicherheit direkt Null gesetzt werden kann, sodaß die Vermeidung des konstanten Längenmessungsfehlers durch Verwendung der Flächen im Pendel an Stelle der Schneiden als ziemlich erreicht gelten kann. Setzt man in diesem Falle $q = 0$, so ergeben sich für p aus den genannten beiden Ausgleichungen die Werte $3,1 \pm 1,1$ und $3,4 \pm 0,4$. Der Koeffizient p erscheint also relativ sicher bestimmt, und da sich für die beiden gänzlich verschiedenen Anordnungen derselbe Wert von p ergibt, kann die Gestalt des in obiger Formel auftretenden zweiten Korrektionsgliedes als experimentell gesichert gelten. Auf das Verhalten der einzelnen Pendel kann hier nicht eingegangen werden. Eine weitere Bestätigung für die Richtigkeit des obigen Ansatzes kann in der Tatsache erblickt werden, daß verschiedene absolute Schwerkraftsbestimmungen mit Reversionspendeln, wenn man sie auf Grund des obigen Ansatzes reduziert, nahe übereinstimmende Resultate geben, während sich früher erheblichere Unterschiede gezeigt hatten, die zum Teil allerdings durch die Nichtberücksichtigung der Pendelelastizität verursacht waren. Es sei hier eine kurze Zusammenstellung der zum Teil neu reduzierten Messungen gegeben:

Beobachtungsort	Beobachter	Beobachtungsart	Schwerkraft nach Potsdam übertragen
Königsberg, Güldenstein, Berlin	Bessel, Schumacher, Peters	Fadenpendel	981,254 cm/Sek.²
Rom	Pisati und Pucci	„	,274 „
Potsdam	Kühnen und Furtwängler	Reversionspendel	,274 „
Madrid	Barraquer	„	,270 (309) „
Paris	Defforges	„	,282 (327) „
Wien	v. Oppolzer	„	,273 (278) „
Padua	Lorenzoni	„	,263 (314) „

Die in Klammern beigefügten Zahlen entsprechen den von den Autoren selbst berechneten Resultaten.

Die beiden letzten Messungen, besonders die letzte (nur 1 Pendel), sind allerdings wesentlich unvollständiger als die übrigen und darum nicht direkt vergleichbar; die stärkste Abweichung zeigen die alten Messungen mit dem Besselschen Fadenpendel.

Als zukünftige Aufgabe auf dem Gebiete der absoluten Schwerkraftsmessungen läßt sich von unseren Untersuchungen aus die weitere Sicherung des obigen Ansatzes für L, sowohl in theoretischer wie in experimenteller Beziehung, bezeichnen. In letzter Hinsicht wird man noch verschiedenartigere Pendel zur Untersuchung heranziehen müssen; insbesondere könnte man daran denken, ein ganz leichtes Pendel, etwa aus Aluminium, herzustellen, um das dem Pendelgewicht proportionale Korrektionsglied möglichst klein zu machen.

Ph. Furtwängler.

Untersuchung eines Repetitionstheodoliten.

Von K. Lüdemann. *Zeitschr. f. Vermess.* **36.** *S. 345. 1907.*

Der Verf. untersucht den vor kurzem bezogenen Repetitionstheodolit Nr. 3376 von M. Hildebrand, Freiberg i. S., mit 18 *cm* Horizontalkreisdurchmesser und Fernrohr von 32 *cm* Brennweite. Der Limbus hat Teilstriche von 10′ zu 10′, zwei Nonien geben 10″ Ablesung (lassen aber noch feinere Schätzung zu). Die mitgeteilten Ergebnisse der Untersuchung beziehen sich auf 1. Richtigkeit der Länge der Nonienteile im Vergleich mit den Limbusteilen (Ergebnis: Korrektion der Nonienlänge für Non. I + 0,76″, für Non. II + 1,69″); 2. Exzentrizität der Alhidadendrehungsachse gegen den Limbusmittelpunkt (Ergebnis: 0,00080 *mm* Exzentrizitätsstrecke); 3. Teilungsfehler des Kreises (Teilung mit Hülfe einer Teilmaschine, die die Striche einer als fehlerfrei anzusehenden Urteilung auf den Kreis kopiert; als mittlerer Teilstrichfehler wurde gefunden $\pm 1^1/_9$″).

Der Verf. stellt diesen Ergebnissen an dem Hildebrandschen Theodolit die von andern Beobachtern erhaltenen Resultate an einigen andern Theodoliten gegenüber. Es zeigt sich hier besonders die hohe Vollendung des Hildebrandschen Instruments. Auch bei dieser Untersuchung ergibt sich wieder die verhältnismäßig große Genauigkeit der *Nonien*-Ablesung (mittlerer Fehler der Ablesung eines Nonius bei dem oben genannten Teilkreisdurchmesser und der Einrichtung des Nonius auf 10″ nur $\pm 2^2/_3$″); man ist neuerdings geneigt, nach der immer mehr zunehmenden Ausstattung auch kleiner, für Arbeiten *untergeordneter Genauigkeit* bestimmter Instrumente mit Schraubenmikroskopen, die Noniengenauigkeit zu unterschätzen. Wenn es sich darum handelt, die Genauigkeit der Ablesung auch bei möglichst kleinen Dimensionen des Instruments (Gewicht) *möglichst* zu steigern, wie bei Reisetheodoliten, so ist gegen die Anwendung von Schraubenmikroskopen an solchen kleinen Instrumenten nichts zu erinnern, obwohl auch nicht zu vergessen ist, daß man die Mikroskope erst „abstimmen“ muß, und daß sie viel leichter Beschädigungen und Störungen ausgesetzt sind, als die ein für allemal richtigen und, wenn „einliegend“, fast unverletzlichen Nonien; vielfach aber werden auch Instrumente zu untergeordneten Arbeiten mit Mikroskopen ausgestattet in Fällen, in denen sicher Nonien besser und bequemer wären. *Hammer.*

Ergebnisse einer Untersuchung über den Konvergenzwinkel bei Doppelschlifflibellen.

Von R. Dorn. *Zeitschr. f. Vermess.* **36.** *S. 359. 1907.*

Der Verf. hat die Wendelibellen dreier Nivelliere (I und II von Fennel, III von Wolz geliefert) der geodätischen Sammlung der landwirtschaftlichen Akademie Poppelsdorf auf den Schnittwinkel der zwei Libellenachsen geprüft. Wie zuvor Vogler, A. Fennel u. A. hat auch der Verf. sehr kleine Konvergenzwinkel dieser zwei Spielpunktstangenten gefunden. Die Libellen I und II hatten je 20″, die Libelle III, an einem Feinnivellier, 5″ Teilwert. Bei der Libelle I wurde auch ein etwaiger Einfluß starker Temperaturänderungen (zwischen — 5° und + 25°) geprüft; doch ist ein wahrnehmbarer Einfluß nicht vorhanden. Ebenso zeigten alle drei Libellen (mit Ausnahme etwa von II) Konvergenzwinkelwerte, die im Vergleich mit der Libellenempfindlichkeit nur wenig in Betracht kommen. Der Schnittwinkel (2φ) der zwei Achsen betrug etwa im Durchschnitt aller 10 Bestimmungen für jede Libelle bei I (40 Bestimmungen, je 10 bei vier Temperaturen) 0,3″, bei II 21″, bei III 6″; die Differenz: max. Wert von 2φ minus min. Wert von 2φ bei diesen 10 Bestimmungen ist bei I (Mittel) 8,6″, bei II 13″, bei III 9″, der mittlere Fehler *einer* Bestimmung von 2φ bei I (Durchschnitt der m. F.) etwa ± 3″, bei II ± 4 bis 5″, bei III ± 3″.

Die Untersuchungsmethode von Amsler gab schärfere Bestimmungen als die andern.

Mit Rücksicht auf die bequeme Prüfung des Nivelliers mit Hülfe der Wendelibelle (und in manchen Fällen deren praktische Anwendung beim Nivellieren mit ungleichen Zielweiten, mit Ablesung in beiden Lagen des Fernrohrs, z. B. bei Ablesung von Zwischen-

punkten zwischen mit sonst durchaus gleicher Zielweite hergestellten Wechselpunkten) ist der Wendelibelle noch weitere Anwendung zu wünschen, als sie bis jetzt gefunden hat, selbst bei Feinnivellieren. *Hammer.*

Gefällmesser zum Freihandgebrauch mit direkter Ablesung der Reduktion.

Von Brückner. *Zeitschr. f. Vermess.* **36.** *S. 376. 1907.*

Der Verf. bespricht den Gebrauch eines handlichen Freihand-Gefällmessers mit Skale für die Reduktionen geneigter Lagen des *20 m-Stahlbandes* auf die Horizontale und mit 2 %-Neigungsskale. Jene Reduktionen sind bis 50 % Neigung mit dem Intervall 0,1 *m*, für noch größere Neigungen mit dem Intervall 0,2 *m* angegeben; „schon von 0,5 *m* Reduktion" der 20 *m*-Strecke an (d. h. vom Gefäll oder der Neigung 12,8° oder 22,8 % an) sei es ratsam, die Ablesungen von oben und von unten zu machen und das Mittel einzusetzen. Noch rätlicher ist, sich für genauere Messungen bei so großen Neigungen nicht mehr des schiefliegenden Bandes zu bedienen, sondern die alte Staffelmessung mit zwei Latten oder einer Latte zu gebrauchen. Der Ref. schreibt in seinen Übungen vor, daß bei Neigungen über 10° im allgemeinen (bei günstigem Boden) stets Staffelmessung anzuwenden ist. Denn bei starken Neigungen sind verhältnismäßig nicht bedeutende Fehler in der gemessenen Neigung schon von zu großem Einfluß auf die Reduktion. Man läßt zu oft die folgende einfache Übersicht außer Betracht: Wird der Neigungswinkel eines 20 *m*-Bandes (— für die 5 *m*-Latte sind die *mm*-Zahlen der folgenden Tabelle zu vierteln —) um $^1/_4{}^0$ oder um $^1/_2{}^0$ unrichtig gemessen, auf 20 *m* (schiefer) Zielweite und bei Höhenwinkeln zwischen 0° und ± 30° einer Höhenverschiebung des Zielpunkts um nur rund 8 *cm* im ersten Fall ($^1/_4{}^0$) oder um etwa 16 *cm* im zweiten Fall ($^1/_2{}^0$) entsprechend, so wird die Horizontalprojektion des 20 *m*-Bandes unrichtig um die in der folgenden Tabelle enthaltenen Beträge (*mm*):

Neigung		$d\alpha = {}^1/_4{}^0$ (oder $^1/_{229}$)	$d\alpha = {}^1/_2{}^0$ (oder $^1/_{115}$)
(0,0 %)	$\alpha = 0^0$	0 *mm*	0 *mm*
(8,7 %)	$\alpha = 5^0$	8 „	15 „
(17,6 %)	$\alpha = 10^0$	15 „	30 „
(36,4 %)	$\alpha = 20^0$	30 „	60 „
(57,7 %)	$\alpha = 30^0$	44 „	87 „

Auch der Verf. der hier besprochenen Mitteilung scheint sich diese Verhältnisse nicht gegenwärtig gehalten zu haben, wenn er auch noch für die größten vorkommenden Neigungen ganz in derselben Art verfahren will, die sich für kleine α empfiehlt.

Das Instrument wird übrigens von den zahlreichen bekannten Konstruktionen mit Gradbogen und Gegengewicht, in runde Kapsel eingeschlossen, kaum wesentlich abweichen, nach der Außenansicht (die allein gegeben wird) und anderem zu schließen. Die Berichtigung soll von außen am Horizontalfaden bewirkt werden können, was allerdings ein Vorteil gegen die sonst meist übliche Anordnung ist, bei der die Justierung am Gegengewicht des Gradbogens gemacht werden muß. Eine besondere Zielmarke am zweiten Bandstock erklärt der Verf. für überflüssig (vgl. die Zahlen der obigen Tabelle).

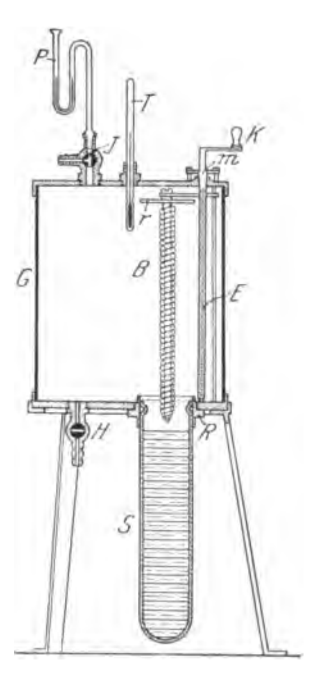
Das Instrumentchen (D.R.G.M. Nr. 302209) ist von R. Reiß, Liebenwerda i. S., zu beziehen. *Hammer.*

Neues Absorptions-Hygrometer.

Von M. Th. Edelmann. *Sitzungsber. d. Münch. Akad.* **37.** *S. 35. 1907.*

Der Verf. hat i. J. 1879 ein Hygrometer angegeben, bei welchem die zu untersuchende Luft in ein Glasgefäß eingesogen, alsdann der Wasserdampf *ohne Volumänderung* mittels Schwefelsäure entfernt und die dadurch hervorgerufene Druckverminderung an einem Manometer abgelesen wird. Bei der nachfolgend beschriebenen Neu-Konstruktion dieses Apparats soll vor allem die zeitraubende Reinigung und Austrocknung vor jeder Feuchtigkeitsbestimmung vermieden werden.

Das Glasgefäß G von 1 l Inhalt ist oben und unten durch Metalldeckel verschlossen. In den unteren Deckel sind ein Hahn H mit Schlauchansatz zum Durchsaugen von Luft und ein Rohrstutzen R luftdicht eingeschraubt; in R ist ein Gläschen S eingekittet, das mit Schwefelsäure gefüllt wird. In den obern Deckel sind ein Thermometer T und ein Dreiweghahn J zur Verbindung des Gefäßes mit der Außenluft oder mit dem Quecksilbermanometer P eingelassen. Ferner ist hier ein Konus m eingeschliffen, der sich nach oben in die Kurbel K, nach unten in die Schraubenspindel E fortsetzt. Mittels der letzteren läßt sich der Metalldeckel r, an dem die Glasspirale B hängt, soweit herunterschrauben, daß er den Rohrstutzen R luftdicht verschließt. In dieser Schraubenstellung wird die zu untersuchende Luftprobe eingesogen, dann das Gefäß mit dem Manometer verbunden und schließlich die jetzt mit Schwefelsäure benetzte Spirale B in die Höhe gezogen. Der Versuch dauert etwa 3 Minuten. Schraubt man nun B wieder herab, bis der Deckel r schließt, so ist das Gefäß G nach dem Öffnen der Hähne sofort zur Aufnahme einer neuen Luftprobe mittels eines Gummiballsaugers bereit.



Zum Schutze gegen Temperatureinflüsse muß das Absorptionsgefäß mit Wärme isolierenden Substanzen umhüllt werden. Diese Fehlerquelle wird noch mehr verringert, wenn man den offenen Schenkel des Manometers mit einem dem Absorptionsgefäß an Form, Inhalt und Umhüllung ähnlichen Gefäß verbindet; es wirkt dann auf das Manometer lediglich die Druckdifferenz zwischen beiden Gefäßen, für welche gleiche Temperaturbeeinflussung anzunehmen ist.

Den Schluß des Aufsatzes bilden einige Hülfstabellen, darunter eine zur unmittelbaren Entnahme der relativen Feuchtigkeit aus den Angaben des Absorptionshygrometers. Da die Maximalspannkräfte bis auf drei Dezimalen mitgeteilt sind, wären wohl besser statt der Regnaultschen Werte die von Scheel berechneten gewählt worden. *R. Süring.*

Verbesserungen am offenen Quecksilbermanometer.

Von H. Kamerlingh Onnes. *Communic. Phys. Labor. Univers. Leiden Nr. 94b. 1905.*

Bei dem vom Verf. konstruierten offenen Quecksilbermanometer mit komprimiertem Gas als Drucküberträger (*Communic. Nr. 44*) zeigten einige Verbindungsstellen und Hähne Undichtigkeiten. Diesem Übelstand ist jetzt in der Hauptsache abgeholfen. Die Verbindung von Glasrohr mit Stahlkapillare, die bisher allein durch Kittung hergestellt war, ist durch Hinzufügung einer einfachen Quecksilberdichtung zuverlässiger geworden. Durch etwaige Risse im Kitt kann nun nicht mehr Gas, sondern höchstens Quecksilber entweichen, was beträchtlich langsamer und nicht unbemerkt geschieht. Alle Hähne sind nebst ihren Verbindungsstellen mit den Stahlkapillaren unter Vaselinöl gesetzt, um das Entweichen von Gas bemerkbar zu machen.

Die bei dem offenen Manometer gewonnenen Erfahrungen werden dazu verwandt, einen früher gebrauchten Druckapparat (*Communic. Nr. 84*) zu verbessern. Auch hier sind alle Hähne und Verbindungen, durch die Gas entweichen könnte, unter Vaselinöl gebracht. *Hffm.*

Die Starklichtphotometrie.

Von H. Krüß. *Journ. f. Gasbeleuchtg. u. Wasserversorg.* **49.** *S. 109. 1906.*

Starklichtquellen lassen sich direkt mit der Hefnerlampe vergleichen, wenn man über hinreichend große Entfernungen verfügt. Dagegen ist ein solcher Vergleich nicht ohne weiteres zulässig, sobald man die beiden Lichtquellen auf einer Photometerbank von der

üblichen Länge von 2,5 bis 3 *m* aufstellen muß. Denn erstens wird der Abstand zwischen Photometerschirm und Hefnerlampe so klein, daß daraus Schwierigkeiten entstehen; zweitens wird der Photometerschirm so stark beleuchtet, daß die Genauigkeit der photometrischen Einstellung dadurch beeinflußt wird. Dem ersteren Übelstande kann man in der Weise abhelfen, daß man die Hefnerlampe durch eine Vergleichslampe von geeigneter Lichtstärke ersetzt. Hierdurch wird aber der zweite Fehler noch vergrößert. Diesen Fehler vermeidet bezw. vermindert Krüß durch Anwendung folgender fünf Anordnungen, bei denen er bekannte Mittel in bequemer Form für technische Zwecke verwertet hat.

1. *Schwächung durch Rauchgläser.* Im Lummer-Brodhunschen Photometeraufsatz werden unmittelbar vor derjenigen Kathetenfläche des Photometerwürfels, durch welche die von der Starklichtquelle kommenden Strahlen hindurchgehen, nach Bedarf 1, 2 oder 3 möglichst rauchgraue Gläser eingeschaltet, und zwar wählt Krüß Gläser, von denen jedes 0,2 des auffallenden Lichtes hindurchläßt. Man erhält dann die Lichtstärke der zu messenden Lampe, wenn man den aus der Einstellung des Photometeraufsatzes unmittelbar, d. h. ohne Berücksichtigung des Lichtverlustes durch die Gläser, *berechneten* bezw. den an einer Kerzenteilung *abgelesenen* Lichtstärkenwert C mit 5, 25 oder 125 multipliziert. Diese Zahlen sind auf den kleinen Hebeln vermerkt, durch welche die Einschaltung der Gläser erfolgt.

2. *Schwächung durch rotierende Sektoren.* Man schaltet einen rotierenden Sektor, welcher fest mit dem Photometeraufsatz verbunden ist und durch ein mit der Hand von Zeit zu Zeit aufziehbares Laufwerk in schnelle Rotation versetzt wird, in den Gang der Starklichtstrahlen. An einer Teilung ist nicht die Sektorengröße in Grad, sondern diejenige Zahl, z. B. 4 bei 90°, angegeben, mit welcher man C multiplizieren muß.

3. *Schwächung durch Polarisatoren.* Da sich der Lummer-Brodhunsche Photometeraufsatz für diesen Zweck nicht verwenden ließ, benutzt Krüß eine Anordnung, welche er in etwas anderer Anordnung bereits beim Mischungsphotometer von Grosse und bei seinem Polarisationskolorimeter verwertet hat. Die von den beiden Seiten des Photometerschirmes kommenden Strahlen werden senkrecht zueinander polarisiert und passieren in zueinander parallelen Richtungen das im Okularrohr angebrachte Nicolsche Prisma. Bei der Messung stellt man das Photometer an einer geeigneten Stelle, die für den Wert C eine runde Zahl ergibt, auf, macht durch Drehen des Nicols eine photometrische Einstellung und liest an dem Teilkreise den Drehungswinkel φ ab. Alsdann ist die gesuchte Lichtstärke (nahezu) $C \operatorname{tg}^2 \varphi$.

4. *Schwächung durch Linsen.* Die Wirkung der Zerstreuungslinse (Perry und Ayrton) und der Sammellinse (Hopkinson) beruht bekanntlich darauf, daß die von einem leuchtenden Punkte ausgehenden Strahlen so gebrochen werden, daß sie den Photometerschirm in einem größeren Kreise als ohne Einschaltung der Linse beleuchten.

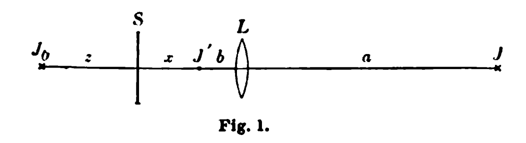


Fig. 1.

Es sei (Fig. 1) J die zu messende Lampe, J_0 die Vergleichslampe (bezw. Hefnerlampe), S der verschiebbare Photometerschirm, L die Sammellinse, welche J in J' abbildet. Sind a und b die Gegenstands- und Bildweite, x und z die sich bei der photometrischen Einstellung ergebenden Abstände $J'S$ und $J_0 S$, k der Durchlässigkeitsfaktor der Linse, so ist nach Perry und Ayrton

$$J = k J_0 \frac{x^2}{z^2} \cdot \frac{a^2}{b^2} .$$

Diese Gleichung behält, wie Krüß theoretisch und experimentell nachweist, auch für ausgedehnte Lichtquellen ihre Gültigkeit, wenn jeder Bildpunkt den Photometerschirm beleuchtet, wenn also die ganze Lichtquelle wirksam ist; in diesem Falle kann man das Bild auch auf einem Mattglase auffangen und das letztere photometrieren. Daß die ganze Lichtquelle in Wirksamkeit tritt, läßt sich durch Vergrößerung des Linsendurchmessers und durch Verkleinerung des Bildes erreichen. Der erstere Weg ist im allgemeinen nicht an-

zuraten, da, abgesehen von dem Steigen der Kosten, auch die Güte des Bildes darunter leiden kann. Krüß wählt deshalb den zweiten Weg. Ferner weist er nach, wie man durch Mitwirkung von fremdem Lichte zu falschen Resultaten gelangen kann. Solches Licht ist deshalb durch Aufstellung von geeigneten Schirmen abzublenden.

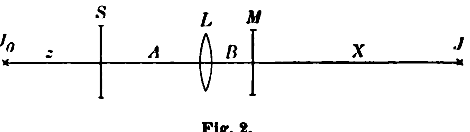


Fig. 2.

5. *Schwächung durch dioptrische Zerstreuer.* Man verbindet die Linse L und ein Mattglas M (Fig. 2) in solcher Entfernung fest mit S, daß S durch L scharf auf M abgebildet wird, und macht durch Verschieben des Systems $S\,L\,M$ eine photometrische Einstellung. Bei der Berechnung ist der Abstand $JM = X$ in Betracht zu ziehen. Man kann aber das Mattglas M auch ganz fortlassen und erhält dann die einfache Beziehung

$$J = k\,J_0 \frac{A^2}{B^2} \frac{X^2}{z^2},$$

wo $A = L\,S$ und $B = L\,M$ ist.

Besonders bequem wird das Arbeiten, wenn die Größe $k\,A^2/B^2$ eine runde Zahl ist. Es würde jedoch die Herstellung sehr erschweren und verteuern, wenn man eine einzige Linse L verwenden wollte, die dann eine ganz bestimmte Brennweite haben müßte. Einfacher verfährt man, indem man zwei Linsen hinter einander schaltet und durch Veränderung ihres Abstandes ihre lichtschwächende Wirkung ändert. Auf Grund dieser Erwägungen bringt Krüß für das in gastechnischen Kreisen übliche sogenannte *Normalgasphotometer* auf dem das Photometergehäuse tragenden Schlitten an derjenigen Stelle, welche sonst zur Aufnahme der Hefnerlampe bezw. der Vergleichslampe bestimmt ist, eine Vorrichtung an, welche drei Linsenpaare von verschiedener zerstreuender Kraft enthält. Jedes Paar kann durch entsprechende Drehung des Ganzen um eine horizontale Achse in den Strahlengang gebracht oder auch ausgeschaltet werden. Der Abstand $S\,M$, also der Abstand von S bis zu derjenigen gedachten Ebene, auf welcher S durch L abgebildet wird, beträgt 30 *cm*; diese Justierung wird in der Weise ausgeführt, daß man ein in einem Rahmen eingespanntes feines Haar bei M im Abstande 30 *cm* von S aufstellt und jedes Linsenpaar so lange verschiebt, bis durch L ein scharfes Bild des Haares auf S entworfen wird.

Ist die Bank mit einer Millimeterteilung versehen, so hat man für die Bestimmung der Größe $C = J_0\,X^2/z^2$ die direkt abgelesene Entfernung $J_0 S = z$ und die Entfernung $X = J\,S - 30\,cm$ in Rechnung zu setzen. Trägt die Bank eine Kerzenteilung, so ergibt die Ablesung (bezw. multipliziert mit J_0) unmittelbar die Größe C, wenn man die Starklichtquelle 30 *cm* außerhalb des Endpunktes der Teilung aufstellt.

Zur Vermeidung von Reflexen sind die Linsen nicht in Rohre gefaßt, sondern frei in Platten eingefaßt. Die Linsenpaare sind so gewählt, daß eine Schwächung auf $^1/_{10}$, $^1/_{20}$ und $^1/_{40}$ erfolgt, und auf dem Apparat sind an den entsprechenden Stellen die Faktoren 10, 20 und 40 angegeben, mit welchen man jedesmal C multiplizieren muß.

Das Rauchglasphotometer ist zwar kompendiös, es gestattet aber nur eine Abschwächung des Lichtes auf wenige bestimmte Stufen. Das Polarisationsphotometer gestattet Abschwächungen in beliebiger Größe; jedoch muß die der Ablesung φ an der Gradteilung entsprechende Lichtschwächung aus einer Tabelle entnommen werden. Der rotierende Sektor ist nur für Wechselstromlampen nicht anwendbar; er entspricht, da er Schwächungen innerhalb sehr weiter Grenzen in einwandfreier Weise gestattet, am besten den Bedürfnissen der Praxis. Die Anwendung der Linsen läßt eine erhebliche Verschiedenheit und Größe der Abschwächung zu; es ist jedoch eine, wenn auch leichte, Ausrechnung des Meßresultates erforderlich. Letztere Arbeit umgeht man vollständig durch Benutzung des dioptrischen Zerstreuers, der aber naturgemäß nur bestimmte Stufen der Schwächung gestattet.

E. Lb.

Farben-Phänomene in der Photometrie.

Von J. S. Dow. *Phil. Mag.* **12.** *S. 120. 1906; The Electrician* **57.** *S. 747. 1906.*

In der Absicht, größere Klarheit auf dem Gebiete der heterochromen Photometrie zu schaffen, hat Verf. eine Anzahl Versuche mit den in der praktischen Photometrie üblichen Photometern ausgeführt, im Gegensatz zu älteren Versuchen über denselben Gegenstand, die mit Spezialapparaten (Farbenmischapparat, Spektrophotometer) angestellt seien. Eine solche Arbeit wäre sicher sehr verdienstlich, wenn sich Verf. vorher über die Ergebnisse der physiologischen Forschung ausreichend orientiert und an ihrer Hand seine photometrischen Resultate geprüft und gesichtet hätte. Das ist aber leider nicht der Fall.

Verf. benutzt eine gerade Photometerbank, im allgemeinen zwei gleichartige Glühlampen, deren Licht er durch Gläser färbt, und vier verschiedene Photometer, nämlich das Lummer-Brodhunsche, das Jolysche, das Bunsensche und das Flimmerphotometer. Von diesen wird das letztere am Schluß der Arbeit besonders besprochen, während die übrigen drei im ersten Teil gemeinsam behandelt werden.

Dies geschieht in vier Abschnitten, die handeln

1. von der Schwierigkeit der photometrischen Einstellung bei verschiedenen Farben und der Möglichkeit, daß verschiedene Beobachter verschieden einstellen,

2. von der Abhängigkeit der photometrischen Einstellung von der getroffenen Netzhautstelle,

3. vom Purkinjeschen Phänomen,

4. von der Möglichkeit, daß bei Verwendung von Spiegeln der Absorptionskoeffizient für verschieden gefärbtes Licht verschieden ist.

Im ersten Abschnitt wird nur bemerkt, daß das Photometrieren verschieden gefärbten Lichtes im allgemeinen Sache der Übung ist, daß wahrscheinlich Verschiedenheiten im Farbenempfindungsvermögen Unterschiede der photometrischen Einstellungen hervorbringen, daß aber Verf. darüber keine Versuche angestellt hat und im folgenden vornehmlich Beobachtungen mit seinem eigenen Auge gibt.

Im zweiten Abschnitt beschreibt Verf., nachdem er kurz über Beobachtungen mit peripherischen Teilen der Netzhaut gesprochen hat, eigene Versuche. Die beiden Glühlampen, von denen die eine rotes, die andere grünes Licht auf den Photometerschirm strahlt, werden mit den drei zuerst genannten Photometeraufsätzen photometriert, indem das Auge des Beobachters in verschiedene Entfernungen vom Photometerschirm gebracht wird (10 bis 100 *cm*). Man kann voraussagen, daß infolge der starken Lichtschwächung der Farbgläser das Purkinjesche Phänomen sich erheblich zeigen wird, daß also das Verhältnis rot zu grün um so größer erhalten werden muß, je kleiner das Netzhautbild des Photometerschirmes ist, oder je weiter der Beobachter von dem Photometer entfernt ist. Dies Ergebnis wird in der Tat erhalten, aber ohne daß der Verf. es mit dem Purkinjeschen Phänomen in Beziehung bringt.

Ähnliche, wenn auch erheblich geringere Unterschiede hat der Verf. erhalten, indem er 1. eine Glühlampe mit einer Nernst-Lampe, 2. einen Argand-Gasbrenner mit einem Gasglühlicht-Brenner, 3. die 10 Kerzen-Pentanlampe mit einer normal brennenden Glühlampe bei verschiedenen Entfernungen des Auges vom Photometerschirm verglich.

Ferner erhält der Verf. Unterschiede in der Einstellung bei der Vergleichung von rot und grün, wenn er den Photometeraufsatz um 180° dreht, sodaß die beiden Seiten des Photometerschirmes vertauscht sind. Hier ist es ganz unklar, wodurch diese Unterschiede bei dem Jolyschen Photometer entstehen, da bei diesem ja beide Seiten ganz gleich sind. Bei dem Lummer-Brodhunschen Photometer mit elliptischem Fleck erklären sich die viel größeren Unterschiede einfach wieder aus dem Purkinjeschen Phänomen, denn bei der einen Stellung des Photometers wird die grüne Stelle des Gesichtsfeldes im gelben Fleck der Netzhaut abgebildet werden, bei der um 180° verschiedenen die rote.

Der Verf. behandelt dann im dritten Abschnitt das Purkinjesche Phänomen, indem er ausführlich den bekannten Vorlesungsversuch beschreibt, bei dem neben einander liegende

rote und blaue Flächen verschiedener Größe verschieden stark (durch eine Glühlampe mit vorgeschaltetem veränderlichen Widerstand) beleuchtet werden. Darauf wird die v. Kriessche Theorie von der verschiedenen Aufgabe der Stäbchen und Zapfen der Netzhaut kurz dargelegt, ohne daß v. Kries genannt wird. Dabei ist es charakteristisch, daß der Verf. die Kenntnis dieser Theorie einem Aufsatz des Hrn. Sartori in der Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau" verdankt, der sie seinerseits aus dem populären Vortrag Lummers „Über die Ziele der Leuchttechnik" geschöpft hat. Weiter photometriert dann der Verf. rotes und grünes Licht bei verschiedenen Helligkeiten auf dem Photometerschirm, also bei verschiedenen Abständen der Glühlampen voneinander, und erhält natürlich die bekannte Kurve, die seinerzeit Preyer, König u. A. veröffentlicht haben.

In dem vierten Abschnitt wird der Reflexionskoeffizient eines Silberspiegels bestimmt, einmal mit dem ungefärbten Licht, dann mit rot, schließlich mit grün gefärbtem Licht einer Glühlampe. Verf. findet, wie es sein muß, das Reflexionsvermögen für rot etwas größer als für grün, bemerkt aber, daß die Unterschiede nur gering sind.

In dem letzten Teile der Arbeit wird das Flimmerphotometer behandelt. Die Einstellungen mit diesem scheinen dem Verf. erhebliche Schwierigkeiten gemacht zu haben. Aus den angestellten Versuchen ist nur zu erwähnen, daß der Verf. das Auftreten des Purkinjeschen Phänomens auch beim Flimmerphotometer mit Sicherheit nachgewiesen zu haben glaubt, wenn es auch nicht mit so großer Deutlichkeit auftritt wie beim Gleichheitsphotometer.

Den Schluß bilden Betrachtungen über die Einstellungen von Farbenblinden. Verf. spricht die sehr einleuchtende Ansicht aus, daß Leute, die eine Farbe erheblich dunkler sehen als Normale, auch sowohl mit dem gewöhnlichen Photometer wie mit dem Flimmerphotometer anders photometrieren werden als die Normalen, im Gegensatz zu den Hrn. Simmance und Abady, die zum Lobe ihres Flimmerphotometers erklärt hatten, daß damit Normale und Farbenblinde gleich einstellen. *E. Br.*

Über Kollektoren.

Von M. Moulin. *Ann. de chim. et de phys.* ***10.*** *S. 40. 1907.*

Über einen neuen Flammenkollektor und dessen Prüfung im elektrischen Felde.

Von C. W. Lutz. *Sitzungsber. d. Münch. Akad.* ***36.*** *S. 507. 1906.*

Der Verf. der ersten Arbeit hat sich die Aufgabe gestellt, die Wirkungsweise der verschiedenen Kollektoren, die zur Beobachtung des luftelektrischen Potentialgradienten gebräuchlich sind, zu prüfen.

Man unterscheidet zwei verschiedene Arten von Kollektoren: 1. den Wassertropfkollektor, der darauf beruht, daß ein Wasserstrahl, der durch das elektrische Feld geführt wird, das Potential der Stelle annimmt, an der der Strahl sich in Tropfen auflöst, 2. die Radium- und Flammenkollektoren sowie die Dochte. Bei dieser zweiten Art erfolgt der Ausgleich des Potentials nicht auf rein mechanische Weise wie bei dem Tropfkollektor, wo die fallenden Tropfen die Influenz-Elektrizität einer Art mit fortführen, sondern durch in der Luft gebildete Ionen. Durch die Ionen können erhebliche Störungen des Feldes und somit der Beobachtung verursacht werden, während im Gegensatz dazu der ziemlich unhandliche Tropfkollektor stets völlig einwandfreie Resultate liefert.

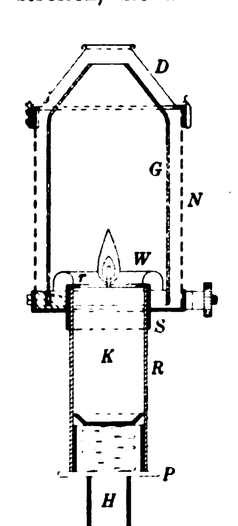
Dem Verf. kam es nun darauf an, die in der Praxis vielfach verwendeten, Ionen bildenden Kollektoren mit dem Tropfkollektor zu vergleichen. Seine Versuche führte er größtenteils in einem künstlichen elektrischen Felde aus, das er zwischen zwei etwa 3 m^2 großen Flächen herstellte, von denen die eine an Erde lag und die andere auf etwa 150 Volt aufgeladen war. Der Verlauf des Potentials zwischen den beiden Flächen wurde mit den verschiedenen Kollektoren beobachtet. Dann wurde mittels des Tropfkollektors geprüft, wie sich der Verlauf des Potentials verändert, wenn zwischen den beiden Flächen an einer bestimmten Stelle sich ein Radiumkollektor befand.

Aus den Ergebnissen wird der Schluß gezogen, daß bei ruhiger Luft sich Ionen eines Vorzeichens im Überschuß in der Nähe des Radium- bezw. Flammenkollektors anhäufen

können. Die Trennung der beiden Ionenarten kann unter dem Einfluß des Feldes durch ihre verschiedene Geschwindigkeit hervorgerufen werden (das negative Ion bewegt sich schneller als das positive). Außer durch Ionenanhäufung werden die Äquipotentialflächen noch in geringem Maße verschoben durch die Metallmassen des Kollektors. Die Unterschiede in den Angaben der Ionen bildenden Kollektoren gegen den Tropfkollektor werden genau ebenso gefunden, wie sie schon in einer früheren Arbeit des Ref. (*Ann. d. Physik* **7.** *S. 893. 1902*) angegeben sind. Verlaufen die Kraftlinien horizontal, so geben Flammen- und Radiumkollektoren im allgemeinen richtige Werte. Bei vertikalen Kraftlinien sind indessen ihre Angaben falsch, und zwar können die Fehler 20 % und mehr betragen. Die beobachteten Potentiale entsprechen stets einem Ort, der in derjenigen Richtung vom Kollektor entfernt ist, nach der sich die Ionen frei ausbreiten können, bei der Flamme also z. B. einem Ort, der über der Flamme liegt. Die einfachste Erklärung hierfür scheint dem Ref. nicht in der Anhäufung von Ladungen im elektrischen Felde zu liegen, sondern darin, daß innerhalb eines durch die Ionen leitend gemachten Teiles im elektrischen Felde keine Spannungsdifferenzen auftreten können, da die sich bewegenden Ionen hier alle Potentialunterschiede ausgleichen. Das Spannungsgefälle muß sich darum auf die übrigen nicht leitenden Teile des Feldes verteilen und erhält dadurch einen völlig anderen Verlauf als ohne Anwesenheit der leitenden Ionen. Alle beobachteten Erscheinungen lassen sich von diesem Gesichtspunkt aus einwandfrei erklären.

Der Verf. hat auch noch Versuche im Freien bei verschiedenen Windstärken angestellt, und zwar hat er zu diesem Zweck das künstliche elektrische Feld auf dem Eiffel-Turm eingerichtet. Bei solchen Messungen muß man beachten, daß der Wind die Ionen nicht direkt auf das Elektroskop zu bläst, damit dieses hierdurch nicht entladen wird. Es ließ sich die Regel aufstellen, daß die Angaben der Kollektoren um so richtiger sind, je schneller der Wind die Ionen aus der Nähe des Kollektors fortführt. Ähnliches gilt auch für die Flamme, die die besten Werte liefert, wenn sie durch den Wind ganz horizontal geblasen wird und also im gewöhnlichen Erdfelde senkrecht zur Richtung der Kraftlinien zu liegen kommt.

Eingehend behandelt der Verf. schließlich die Dochte, die bisher wenig in Gebrauch gekommen sind. Am günstigsten erwiesen sich mit Bleinitrat getränkte Baumwolle oder Papierstreifen, die an der Luft langsam unter Ionenbildung verbrennen. Bei diesen Kollektoren sind die Abweichungen vom wahren Wert des Potentials besonders klein; allerdings haben sie den Nachteil, daß infolge des allmählichen Abbrennens der Ort, an dem das Potential abgenommen wird, sich beständig verschiebt.



Lutz weist in seiner Arbeit darauf hin, daß Radiumkollektoren ungeeignet sind, wenn es darauf ankommt, neben dem Potentialgefälle noch die Leitfähigkeit und Ionendichte der Luft zu bestimmen. Man ist dann meist auf Flammenkollektoren angewiesen. Da nun aber bei verhältnismäßig schwachem Wind die Flammen der transportablen Instrumente leicht ausgeblasen werden, so konstruierte der Verf. einen neuen Flammenkollektor, der von diesem Übelstand frei ist.

Im Rohr *R* (vgl. die Figur) steckt eine Kerze *K*, die durch eine Feder beständig nach oben gegen den Rand *r* gedrückt wird, sodaß die Flamme immer an derselben Stelle brennt. Die Platte *P* kann mittels eines Bajonettverschlusses an das Rohr *R* angesetzt werden und trägt einen Hals *H*, mittels dessen der Apparat auf einen isolierenden Stab aufgesteckt werden kann. Auf dem Rohr *R* verschiebbar ist das Rohrstück *S*, das fest verbunden ist mit dem Träger des Glaszylinders *G* und des zylindrischen Drahtnetzes *N*. Das Drahtnetz besitzt oben einen aufklappbaren Deckel *D*. Die Luft tritt von unten in den Glaszylinder ein, muß aber zunächst an dem Wulst *W* vorüber, bevor sie zur Flamme gelangt, die auf diese Weise vor zu heftigen Windstößen geschützt wird.

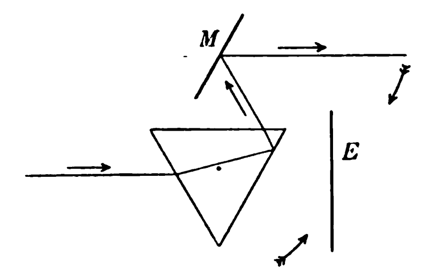
Wie zu erwarten war, entspricht das Potential dieses Flammenkollektors (der im künstlichen elektrischen Feld untersucht wurde) einem Ort, der im ungestörten Felde über dem Kollektor liegt. Es ergab sich, daß bei einem künstlich erzeugten Luftstrom dieser Ort um so näher an den Kollektor heranrückte, je größer die Windgeschwindigkeit war. Auf die Theorie dieser Erscheinung geht der Verf. nicht näher ein. Von den unkontrollierbaren Fehlern des Kollektors kann man sich bei der Bestimmung des Potentialgefälles nur dadurch frei machen, daß man zwei möglichst identische Instrumente in bestimmter Höhe über einander aufstellt und das eine Instrument mit den Blättchen des Elektroskopes, das andere mit seinem sonst an Erde gelegten Gehäuse verbindet.

Die Zeit, innerhalb deren der Flammenkollektor das zu messende Potential annimmt, variiert mit der Windgeschwindigkeit, und zwar nimmt sie mit wachsender Windgeschwindigkeit zu. Sie beträgt gewöhnlich etwa 30 Sekunden und kann in ungünstigen Fällen sich auf einige Minuten belaufen. *Hng.*

Ein Synchronoskop mit vielfachen Reflexionen.

Von H. Abraham. *Compt. rend.* **145.** *S. 174. 1907.*

Bei der Untersuchung periodisch veränderlicher Erscheinungen durch rotierende Spiegel, wie z. B. Kurvenaufnahme von Wechselströmen, kommt es darauf an, die Einrichtung so zu treffen, daß sich trotz großer Geschwindigkeit des Bildpunktes möglichst viel aufeinander folgende Bilder decken, um eine genügende Helligkeit zu erzielen.



Abraham benutzt dazu ein gewöhnliches gleichseitiges Prisma, das so gestellt ist, daß der einfallende Lichtstrahl durch Totalreflexion nach rückwärts gerichtet wird. In der Nähe des Prismas sind vier feste Spiegel M aufgestellt und derart justiert, daß während einer Umdrehung des Prismas der Lichtstrahl in der Bildebene seinen Weg 12-mal beschreibt. Es genügt also eine verhältnismäßig langsame Drehgeschwindigkeit des Prismas, um eine hinreichende Helligkeit des Bildes zu erreichen. E ist ein undurchsichtiger Schirm. Verf. setzt für die Untersuchung von Wechselströmen das Prisma auf die Achse eines Synchronmotors, der aus einem zweipoligen feststehenden Elektromagneten besteht, zwischen dessen Polen sich ein Eisenrad mit 72 Zähnen dreht. Bei Benutzung der üblichen technischen Wechselströme (Frequenz 50) dreht sich also das Prisma in der Sekunde etwa einmal. *E. O.*

Saitengalvanometer und Saitenelektrometer.

Nach Mitteilg. Nr. 4 aus d. phys.-mechan. Institut von Prof. M. Th. Edelmann & Sohn, München.

Über das Saitengalvanometer von Einthoven ist hier bereits berichtet worden (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 306. 1904*). M. Edelmann jun. hat es sich angelegen sein lassen, die ursprüngliche Form des Saitengalvanometers zu verbessern, ohne die Empfindlichkeit desselben zu verändern, und er hat außerdem eine ganze Reihe ähnlicher einfacherer Apparate konstruiert, von denen die einfachste Form, das kleine Permanentmagnet-Saitengalvanometer, ebenfalls schon länger bekannt ist (vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 231. 1906*).

Das große Elektromagnet-Saitengalvanometer (Fig. 1) besteht aus einem Elektromagneten, dessen Schenkel mit je 955 Windungen von 1,4 *mm* dickem Kupferdraht bewickelt sind; der Gesamtwiderstand beträgt 9 Ohm. Rechts befindet sich das Ablesemikroskop R, das durch die Schraube S horizontal zwischen zwei Führungen verschoben werden kann. Links tritt das Beleuchtungsmikroskop C hervor, das durch drei in einer Dose sitzende Schrauben G auf den Faden zentriert werden kann.

Zwischen den Polen ist der Fadenträger eingeschoben, der nach Lösen der Schrauben MN vollständig herausgezogen werden kann, sodaß man den Faden von allen Seiten betrachten und bequem justieren kann. Diese Einrichtung bildet wohl die wesentlichste Verbesserung

gegenüber den früheren Apparaten von Einthoven. In Fig. 1 sind Zentrier- und Spannvorrichtung für die Fäden ohne weiteres erkennbar. Nach Einsetzen des Fadenträgers wird der Faden durch die Messingkeile *A* nach außen hin abgeschlossen.

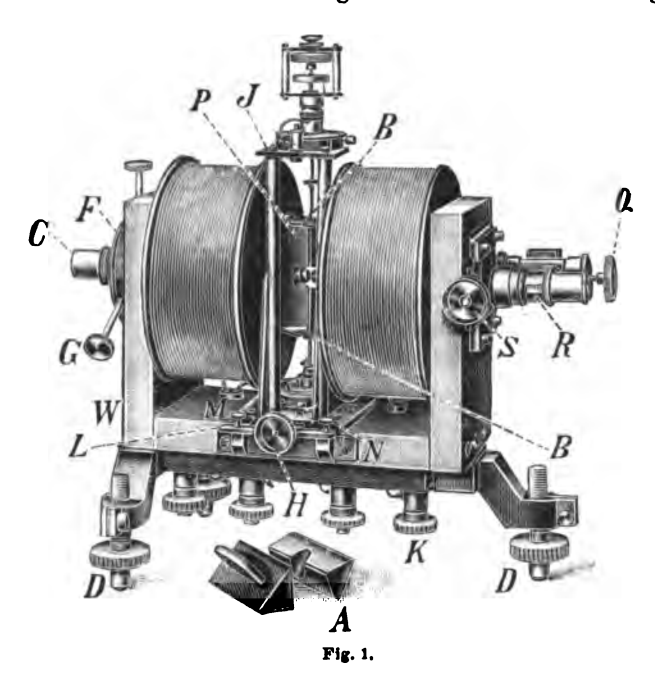


Fig. 1.

Der Faden, der im Einthovenschen Galvanometer 140 *mm* lang war, ist auf 87 *mm* verkürzt, sodaß dadurch die Gefahr, daß der feine Faden sich beim Entspannen an die begrenzende Wandung anlegt, verringert ist.

Die Stromempfindlichkeit beträgt 0,1 *mm* für 10^{-12} Amp., die ballistische etwa 20000 bis 30000 *mm* für 1 Mikrocoulomb; beide Angaben beziehen sich auf 1000-fache Vergrößerung des Mikroskopes. Die Fäden werden hergestellt 1) aus Quarz bis zu 0,003 *mm* Dicke, 2) aus Platin bis zu 0,002 *mm*, 3) aus Gold. Letztere sind wie die Platin-Fäden nach dem Wollaston-Verfahren angefertigt und sind überall da vorzuziehen, wo es auf niedrigen Widerstand ankommt.

In dem „großen Permanentmagnet-Saitengalvanometer“ ist der Elektromagnet durch einen möglichst kräftigen permanenten Magneten ersetzt (Fig. 2); die übrigen Teile sind nach dem früher Gesagten ohne weitere Erklärung verständlich.

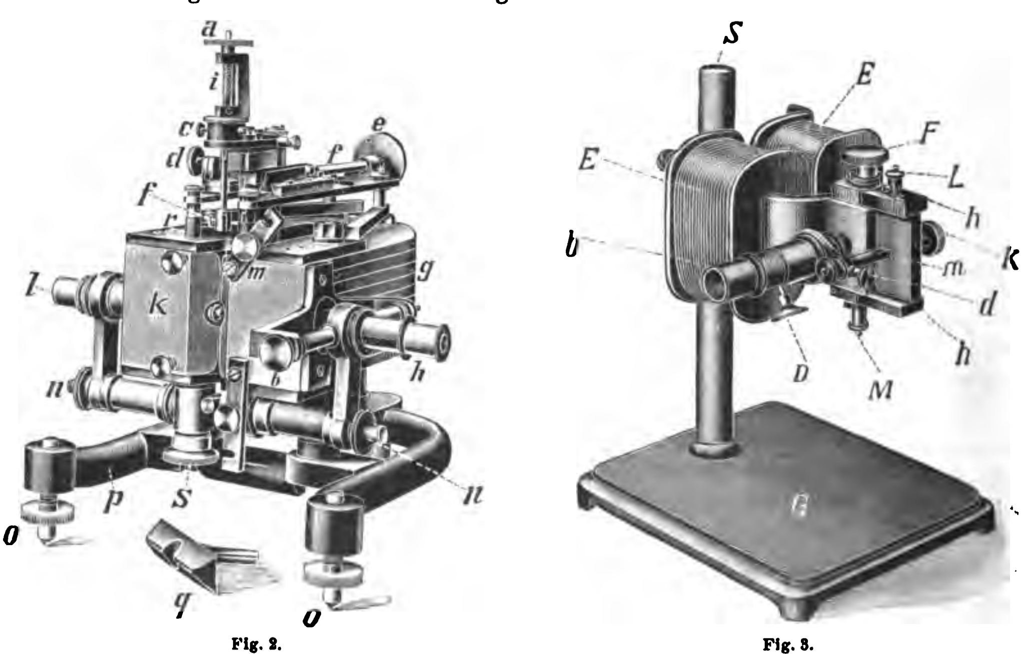


Fig. 2. Fig. 3.

Außer diesen beiden Apparaten werden gebaut ein „kleines Elektromagnet-Saitengalvanometer“ (Fig. 3) und ein „kleines Permanentmagnet-Saitengalvanometer“, von dem schon eingangs die Rede war. Durch Verkürzen der Saite auf 32 *mm* wird das erst-

genannte Instrument für Hochfrequenzen brauchbar gemacht (Oszillograph); es ist auch ähnlich wie die gewöhnlichen Oszillographen als Doppelinstrument ausgebildet worden.

Die folgende Empfindlichkeitstabelle gibt über die Leistungsfähigkeit von drei der besprochenen Apparate näheren Aufschluß.

Galvanometer	Saiten				Empfindlichkeit (bei 100-facher Vergrößerung) in Amp., wenn sich die Saite bewegt			
					periodisch		aperiodisch	
	Material	Durchmesser in μ	Länge in *mm*	Widerstand in Ohm	1 *mm* Ausschlag entspricht	Ausschlag erfolgt in	1 *mm* Ausschlag entspricht	Ausschlag erfolgt in
Kleines Permanentmagnet-Saitengalvanometer	Pt	3,8	67	4000	$6{,}1 \cdot 10^{-6}$	0,002 Sek.	$3{,}6 \cdot 10^{-7}$	0,02 Sek.
Kleines Elektromagnet-Saitengalvanometer (erregt durch 4,25 Amp.)	Au	8,5	67	140	$1{,}3 \cdot 10^{-6}$	0,006 Sek.	$2{,}3 \cdot 10^{-8}$	0,07 Sek.
	Pt	3,8	67	4000	$2 \cdot 10^{-6}$	0,002 „	$7{,}8 \cdot 10^{-8}$	0,02 „
	SiO_2	2,5	67	10000	$5{,}8 \cdot 10^{-7}$	0,003 „	$1{,}8 \cdot 10^{-7}$	0,02 „
Elektromagnet-Saitengalvanometer für Hochfrequenzen (erregt durch 4,25 Amp.)	Pt	2,3	32	2870	$1{,}2 \cdot 10^{-6}$	0,003 Sek.	$1{,}9 \cdot 10^{-7}$	0,014 Sek.

Außer Saitengalvanometern ist von Edelmann jun. in Gemeinschaft mit Cremer ein Saitenelektrometer konstruiert worden, dessen Ansicht von hinten bei herausgezogener Rückwand Fig. 4 zeigt. Ein viereckiges Gehäuse steht auf einer schweren Grundplatte *G*.

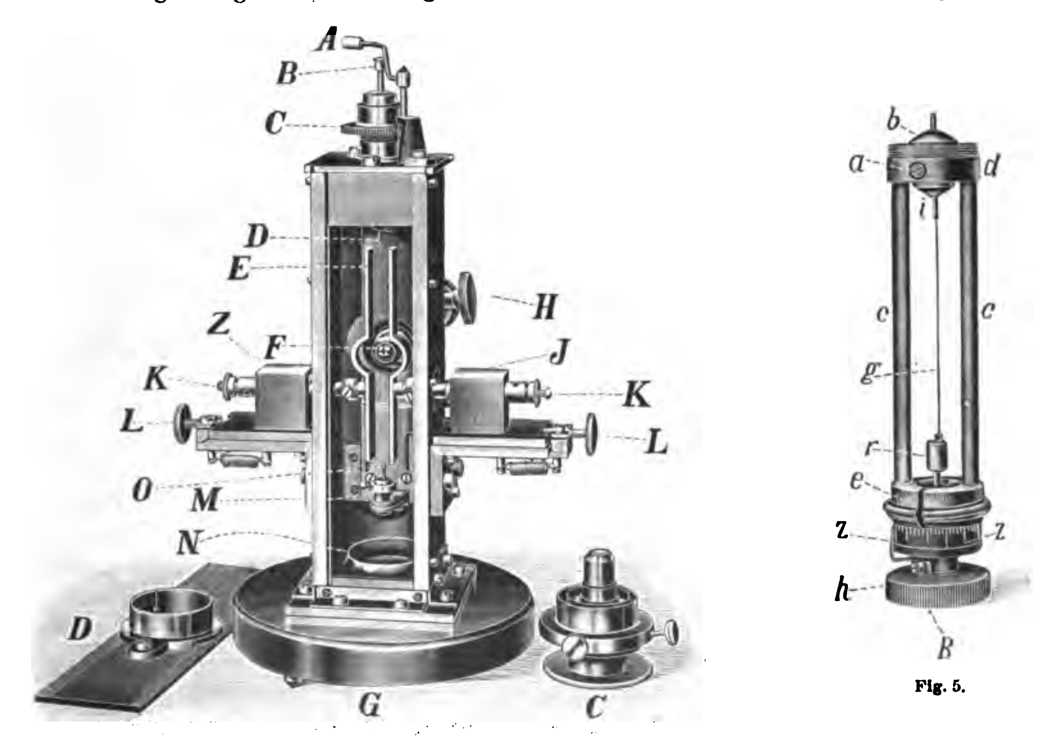


Fig. 4.

Fig. 5.

An dem Gehäuse sind zwei Winkel befestigt, die je einen Hartgummiklotz tragen; an letzteren sitzen die Klemmen *K* für zwei Platten *E*, zwischen denen an *D O* die Saite ausgespannt ist. Es sind Justiervorrichtungen vorgesehen, um den Abstand der Platten zu

regulieren und um sie einander parallel richten zu können. Die Einstellung der Saite wird wiederum mit dem Mikroskop abgelesen. An die Saite wird eine hohe Hülfsspannung gelegt, an die Platten die zu messende Spannung. Bei 1000-facher Vergrößerung des Mikroskopes und 1500 Volt Hülfsspannung an der Saite erhielt man 1 *mm* Ausschlag für 10^{-4} Volt.

Beim „Saitenelektroskop" ist zwischen zwei isolierenden Bernsteinklötzen *b r* (Fig. 5) ein starker Messingdraht und dicht daneben eine feine Saite (in der Figur nicht sichtbar) ausgespannt. Bei der Ladung wird die Saite von dem Messingdraht abgestoßen. Der Betrag der Abstoßung wird mit einem Mikroskop gemessen. Bei 1000-facher Vergrößerung soll noch ein Ausschlag bei 0,03 Volt wahrnehmbar sein. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

W. Felgentraeger, Theorie, Konstruktion und Gebrauch der feineren Hebelwage. gr. 8°. VI, 310 S. m. 125 Fig. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner 1907. Geb. in Leinw. 8 M.

In dem vorliegenden Werke ist der Versuch gemacht, ein wichtiges Gebiet der Präzisionsmechanik von einem einheitlichen Gesichtspunkte darzustellen und kritisch zu beleuchten.

Der Verf. gibt zunächst nach Einführung allgemeiner Begriffe und Voraussetzungen in zwei größeren Abschnitten eine ausführliche Statik und Dynamik der Wage und der Wägungen. Dabei geht er z. T. auf die bekannten Theorien ein, entwickelt aber im wesentlichen seine eigenen Anschauungen. Ohne seine Erörterungen im einzelnen zu verfolgen, sei hier nur bemerkt, daß er als Schlußresultat drei Größen G_1, G_2, G_3 aufstellt, welche zur Erfüllung günstigster Konstruktionsbedingungen der Wage jede für sich so groß wie möglich werden müssen. Da diese Bedingungen sich aber teilweise widersprechen, so ergibt sich die praktische Folgerung, daß jede Konstruktion der Wage nur ein Kompromiß zwischen den verschiedenen und verschiedenartigen Anforderungen ist. Auf den wichtigsten Bestandteil der Wage, den Wagebalken, angewendet, führt dieser Kompromiß dazu, den Balken aus einem Material von großer Festigkeit, gutem Wärmeleitungsvermögen, geringem thermischen Ausdehnungskoeffizienten, geringer Dichte und großem Elastizitätsmodul zu konstruieren. Dabei dürfen die Balken kleiner Wagen verhältnismäßig lang, von geringem Querschnitt und stabförmig sein; bei größeren Belastungen soll man sie nur unbedeutend verlängern, dagegen den Querschnitt vergrößern und eine der Biegung wenig unterworfene (hoch abgesteifte) Form wählen.

Aus diesen Gesichtspunkten heraus bespricht der Verf. das seither für den Wagenbau verwendete Material, Aluminium und seine Legierungen, Kupferlegierungen und Stahl, sodann aber eingehend die Durchbiegung der Wagebalken bei verschiedenen Querschnittsformen sowie die verschiedensten ausgeführten Balken, endlich skizziert er kurz die Anwendung der gewonnenen Regeln bei dem Entwerfen neuer Balkenformen.

Der nächste Abschnitt ist den Achsen, Gehängen und Schalen gewidmet, für welche die einschlägigen Verhältnisse wieder auf Grund der entwickelten Theorie besprochen werden. Eingehend wird erörtert Material und Form von Schneiden und Pfannen, Schneidenwinkel und Schneidenlänge, Endlichkeit des Schneidenradius, Befestigung, Justierung und Nachschleifen der Schneiden, Ersatz der Schneiden durch Spitzen oder Kugeln, das elastische Gelenk, ferner Kreuzgehänge, Zwischengehänge und kardanische Gehänge, endlich Material, Form und Luftwiderstand der Schalen u. a. m. Als Ergebnisse dieses Abschnittes stellt der Verf. folgende Sätze auf: „Als Achsen für alle Größen eignet sich gleich gut das Schneiden-Pfannen-Gelenk. Die Schneide ist am besten aus Stahl, ist dies nicht angängig, aus Achat. Die Pfanne soll aus Chalzedon sein, plan geschliffen und nicht zu dünn. Als Befestigung ist für Stahlschneiden das Eintreiben vor dem Feinschleifen jeder anderen Art vorzuziehen, Achatschneiden bedürfen einer möglichst einfach und sicher zu wählenden Vorrichtung zum Halten und Justieren. Für kleinste Belastungen kann man die Schneiden durch zwei Spitzen er

setzen. Andere Formen von Gelenken aus zwei festen Körpern sind nicht zu empfehlen. Elastische Gelenke sind noch wenig erprobt, man sollte ihnen aber mehr Aufmerksamkeit widmen. Zwischen Endpfanne und Schale ist unter allen Umständen das Kreuzgehänge einzuschalten, für bessere Wagen auch noch ein Zwischengehänge. Beide können zusammen durch einen Ring und Haken ersetzt werden. Die Schalen sollen nicht größer sein, als nötig. Dagegen sollen die Bügel weit ausladen und so hoch, als angängig, sein. Für größere Belastungen sind die Bügel zu versteifen. Die Schalen sollen am oberen Ende des Bügels einen Haken tragen."

Die nächsten Abschnitte des Buches sind der Besprechung von Hülfseinrichtungen der Wage vorbehalten, welche zwar von dem schwingenden System als solchem unabhängig zu konstruieren sind, deren zweckmäßige Anordnung aber für die Ausführung von Präzisionswägungen unerläßlich ist, das sind die Ablesevorrichtungen, die Arretierungen, die Mechanismen zum Aufsetzen, Vertauschen und Verschieben von Belastungen und die Gehäuse. Diesen speziellen Hülfseinrichtungen schließt sich dann noch ein besonderer Abschnitt an, der die Instrumente als Ganzes behandelt, und in welchem der Verf. die Wagen der verschiedensten Qualitäten besonders skizziert, von den Wagen ersten Ranges hinab bis zu den Analysenwagen, den Probierwagen und den Wagen für große Belastung.

Der nächste Abschnitt: Aufstellung, Justierung, Bestimmung der Fehler und Konstanten der Wage, leitet dann bereits zur praktischen Benutzung des Instrumentes hinüber. Er enthält eine Reihe wertvoller Winke, wie sie teilweise auch im physikalischen und chemischen Praktikum gelehrt zu werden pflegen. Der letzte Abschnitt endlich behandelt die Wägungen und Wägungsmethoden.

Schon die Skizzierung des Inhaltes läßt es erkennen, mehr aber noch bestätigt eine eingehende Durchsicht des Buches, daß mit großem Fleiße und in großer Vollständigkeit alles zusammengetragen ist, was in bezug auf die Wage der Erwähnung wert ist. Von Unrichtigkeiten scheint der Inhalt des Buches frei zu sein, und mag man auch in manchen Dingen anderer Ansicht sein wie der Verf., so stellt die Schrift doch eine wesentliche und nützliche Bereicherung unserer Fachliteratur dar, und man mag ihr darum weiteste Verbreitung wünschen.

Leider hält die Ausstattung des Buches nicht immer mit dem Inhalt gleichen Schritt, insonderheit entsprechen die Figuren hinsichtlich der Deutlichkeit und Ausführung zum großen Teile keineswegs dem, was man von einem Werke, das konstruktive Fragen behandelt, verlangen muß. Auch sinnstörende Druckfehler sind gelegentlich zu verbessern.

Schl.

A. Russel, *Treatise on the Theory of Alternating Currents. Vol. II.* 8°. XII, 488 S. m. Fig. Cambridge, University Press 1906. Geb. in Leinw. 12 M.

Dieser Band bietet die Fortsetzung des Werkes, dessen erster Teil bereits besprochen wurde (*diese Zeitschr.* **26.** *S. 132. 1906*). Er beschäftigt sich mit der Theorie der Erzeugung und Umformung der Wechselströme. Im großen und ganzen kann über den zweiten Band dasselbe vorteilhafte Urteil, wie beim ersten abgegeben werden; man kann das Studium des ganzen Werkes nur aufs wärmste empfehlen.

Demgegenüber mag auf einiges hingewiesen werden, was der deutsche Leser vermissen wird. Dahin gehört z. B. eine ausführlichere Behandlung der Diagramme von Transformatoren und Asynchronmotoren, wie man sie in guten deutschen Büchern zu finden gewohnt ist. Freilich enthalten dafür gerade diese Kapitel eine größere Zahl von analytischen Ableitungen, die dem größeren Teil der deutschen Leser neu sein werden.

Weiter wird die Anlage des ganzen Werkes dem deutschen Geschmack nicht systematisch genug sein. Dies zeigt schon die folgende Inhaltsangabe der Kapitel des zweiten Bandes: I. u. II. Ein- und mehrphasige Dynamomaschinen. III. Analyse von Wechselstromkurven. IV. u. V. Synchronmotoren. VI. u. VII. Pendeln der Maschinen. VIII. bis XI. Ein- und mehrphasige Transformatoren. XII. bis XIV. Induktionsmotoren. XV. Kommutatormotoren. XVI. Rotierende Umformer. XVII. Fernleitung der Wechselströme (während die Theorie der Selbstinduktion und Kapazität von Kabeln im *ersten* Band behandelt ist).

Die äußere Ausstattung (Papier, Druck, Figuren) ist mustergültig. Als sehr angenehm ist hervorzuheben, daß unter jeder Figur eine kurze Erklärung derselben steht und auch jedem Absatz eine kurze Inhaltsangabe vorangestellt ist. *E. O.*

Neue Preisliste von C. A. Steinheil Söhne in München.

Preisliste über Instrumente für Astronomie und Physik. gr. 8°. 84 S. m. 56 Abb. u. 4 Taf. 1907.

Die soeben neu erschienene Preisliste umfaßt in übersichtlicher Anordnung 1. die reine Optik (Objektive, Spiegel, Okulare, Lupen, Prismen und Plangläser), 2. vollständige Fernrohre mit und ohne Stativ für astronomischen und terrestrischen Gebrauch, 3. Spektralapparate, 4. verschiedene optische Instrumente (Prismenkreis, Universalinstrument, Passage-Prisma, Heliotrop, Fadenmikrometer, Doppelbildmikrometer und Zentrierapparat). Gegenüber den früheren Listen treten neu auf die Objektive aus U.-V.-Gläsern, verschiedene Okulare, eine verbesserte Form der aplanatischen Lupen, die zur Herstellung abgekürzter Fernrohre dienenden Negativsysteme und die parabolischen Hohlspiegel; auch unter den Spektralapparaten sind verschiedene Neukonstruktionen. Allen Instrumenten und optischen Teilen ist eine ausführliche Erläuterung beigefügt, welche dem weniger Eingeweihten in jedem Falle die Auswahl zweckentsprechender Apparate ermöglichen wird. Zur besonderen Zierde gereichen dem auch im übrigen von der Kunstanstalt Meißenbach, Riffarth & Co. schön ausgeführten Werke vier Tafeln mit Reproduktionen astrophotographischer Aufnahmen, die mit verschiedenen Typen der Steinheilschen Instrumente erhalten worden sind. *J. H.*

A. Cappilleri, Einführung in die Ausgleichungsrechnung. Methode der kleinsten Quadrate. gr. 8°. VI, 132 S. m. Fig. Wien, F. Deuticke 1907. 3 M.

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik und Meteorologie. 10., umgearb. u. verm. Aufl. Hrsg. v. Prof. L. Pfaundler. In 4 Bdn. m. üb. 3000 Abbildgn. u. Taf., z. Tl. in Farbendruck. Lex. 8. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

II. Bd. 1. Abtlg. III. Buch. Die Lehre v. der strahlenden Energie (Optik) v. Prof. O. Lummer. XXII, 880 S. 1907. 15 M.

C. Burrau, Tafeln der Funktionen Cosinus u. Sinus, mit den natürlichen, sowohl reellen als rein imaginären Zahlen als Argument. Kreis- und Hyperbelfunktionen. gr. 8°. XX, 63 S. Berlin, G. Reimer 1907. Geb. in Leinw. 4 M.

Sir Oliver Lodge, Elektronen oder die Natur und die Eigenschaften der negativen Elektrizität. Aus dem Engl. v. Prof. G. Siebert. gr. 8°. X, 203 S. m. 24 Fig. Leipzig, Quandt & Händel 1907. 6 M.; geb. 7 M.

Vorlesungen über Geschichte der Mathematik. Hrsg. v. M. Cantor. IV. Bd. Von 1759 bis 1799. Lex. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

2. Lfg. XXI. Abschn. E. Netto, Kombinatorik. Wahrscheinlichkeitsrechnung. Reihen. Imaginäres. XXII. V. Bobynin, Elementare Geometrie. S. 201—402 m. Fig. 1907. 5,60 M.

W. Beetz, Über die bisherigen Beobachtungen im ultraroten Spektrum. gr. 8°. 45 S. m. 15 Fig. Leipzig, J. A. Barth 1907. 1 M.

O. Diels, Einführung in die organische Chemie. gr. 8°. XII, 315 S. m. 34 Abbildgn. Leipzig, J. J. Weber 1907. Geb. in Leinw. 7,50 M.

R. Klimpert, Lehrbuch der Akustik. Für das Selbststudium und zum Gebrauche an Lehranstalten. gr. 8°. Bremerhaven, L. v. Vangerow.

III. Bd. 2. Tl. Praktische Akustik, d. i. die Akustik in großen begrenzten Räumen, in Konzert- u. Hörsälen, in Kirchen u. Theatern. VIII, 143 S. m. 136 Erklärungen u. 85 in den Text gedr. Fig. 1907. 3,50 M.

M. Gasser, Eine Basismessung m. Invardraht, Mikroskop u. Lupe. gr. 8°. 71 S. m. 3 Taf. München, J. Lindauer 1907. 2 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. **Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. **Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. **Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVII. Jahrgang. **Oktober 1907.** Zehntes Heft.

Über einen neuen Meßapparat für photographische Platten von O. Toepfer & Sohn in Potsdam.

Von
A. Wolfer in Zürich.

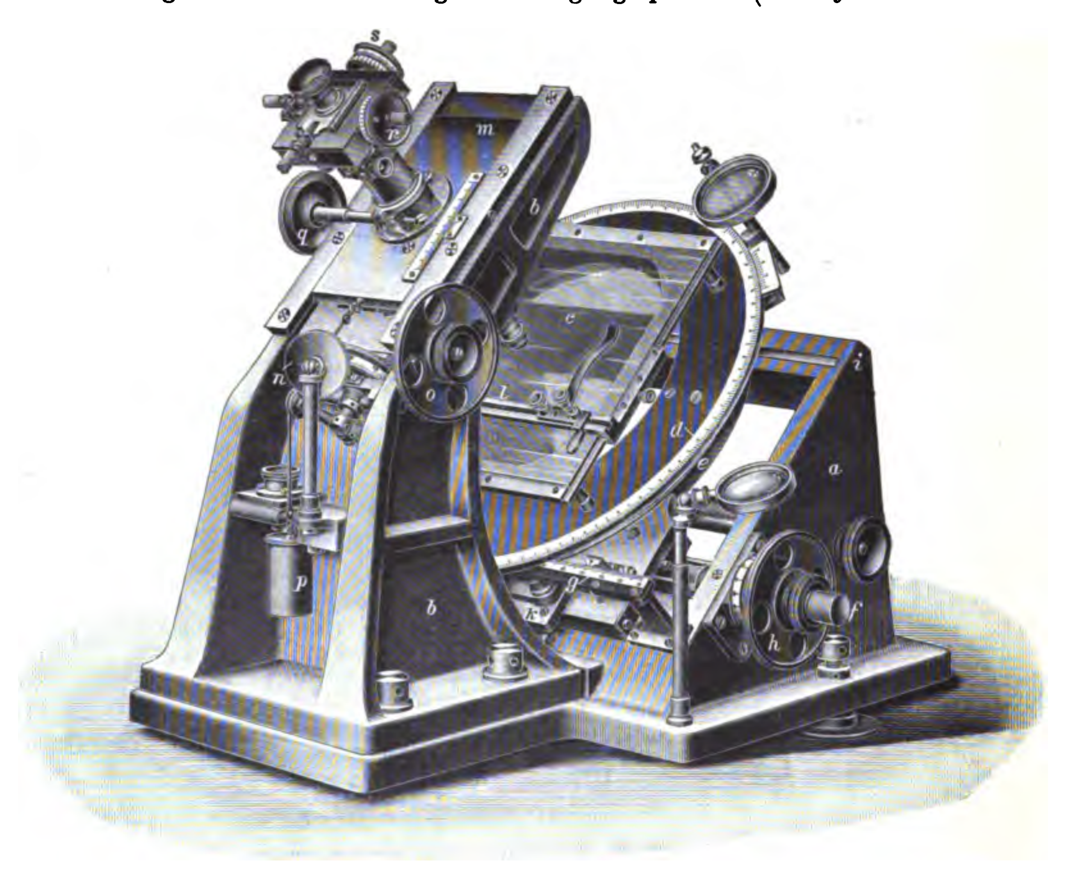
Die Zürcher Sternwarte ist kürzlich in den Besitz eines Meßapparates aus der Werkstätte von O. Toepfer & Sohn gekommen, der zur Ausmessung photographischer Aufnahmen verschiedenster Art und nach verschiedenen Methoden, daneben auch für mehrere andere Zwecke, so insbesondere zur Untersuchung von Mikrometerschrauben, bestimmt ist, und von dem sonach möglichste Vielseitigkeit der Art seines Gebrauches verlangt war. Er vereinigt in einfacher und bequemer Form manches, was sonst durch getrennte Instrumententypen geleistet wird, und die damit gemachten Erfahrungen haben die Erwartungen, die auf ihn gesetzt wurden, vollständig erfüllt. Die nachfolgende kurze Beschreibung und die beigegebene Gesamtansicht des Instrumentes werden die Anordnung seiner wesentlichen Teile hinreichend erläutern.

Auf einer eisernen Grundplatte erhebt sich ein pultartiger Aufsatz *a*, dessen obere, dem Beobachter zugekehrte Fläche um 45° gegen den Horizont geneigt ist; er trägt den Objekttisch und die horizontal liegende Haupt-Meßschraube, die jenem eine horizontale Bewegung in seiner Ebene erteilt und sie zugleich mißt. Vor diesem Aufsatz und ihn teilweise überragend befindet sich ein in der Mitte abgebogener, durch Rippen verstärkter Träger *b b*, dessen unterer Teil vertikal steht, während der obere dem Objekttisch parallel verläuft. Ein auf ihm verschiebbarer Schlitten, in dem das Meßmikroskop befestigt ist, erhält durch eine zweite Schraube eine meßbare Bewegung senkrecht zur Bewegungsrichtung des Objekttisches. Durch die geneigte Lage des Objekttisches und des zu ihm senkrechten Mikroskopes ist dem am Apparat arbeitenden Beobachter eine bequeme Stellung ermöglicht, in der er sitzend und etwas nach unten blickend in das Mikroskop sieht. Der ganze Apparat ruht auf drei Spitzenschrauben und kann mittels eines kleinen Dosenniveaus, das auf einer Querrippe des Mikroskopträgers angebracht ist, horizontal gestellt werden.

Der Objekttisch *c* ist eine in einem quadratischen Bronzerahmen gefaßte Glasplatte und ruht mittels vier Stützen auf einer kreisförmigen Metallplatte, die am Rande einen in halbe Grad geteilten und durch zwei diametrale Nonien auf Minuten abzulesenden Positionskreis *d* trägt; die vier Stützen sind in entsprechende Öffnungen der Kreisplatte versenkt und von unten her durch Muttern festzuziehen. Der Positionskreis ist in einem konzentrisch unter ihm liegenden starken Gußeisenring — dem Meßtisch *e* — drehbar, und an letzterem sind auch die Nonienträger angebracht sowie die Lagerung einer Tangentialschraube, die in ein mit dem Positionskreis fest verbundenes Schraubenrad eingreift und diesem samt dem Objekttisch eine Feinbewegung im Positionswinkel erteilt; sie kann durch einen nahe an ihrem Griffe befindlichen Ex-

zenter außer Eingriff mit dem Schraubenrade gebracht und alsdann der Positionskreis von Hand frei gedreht werden.

Der Meßtisch und alle die eben genannten mit ihm verbundenen Teile zusammen erhalten durch die horizontale Hauptmeßschraube, deren Lager an den beiden Seitenflächen des Pultaufsatzes sich befinden, und deren Muttergewinde nahe am untern Rande des Meßtisches sitzt, eine entsprechende Bewegung in der Richtung der Schraubenachse. Ihrer doppelten Bestimmung als Bewegungs- und Meßmittel gemäß ist die Schraube sehr kräftig ausgeführt und mit großer Sorgfalt hergestellt. Der Durchmesser ihres Gewindes beträgt 16 *mm*, die Ganghöhe 0,5 *mm*, die benutzbare Gewindelänge und somit der verfügbare Bewegungsspielraum des Objekttisches 100 *mm*.



Zwei neben einander in der Nähe des Schraubengriffes *f* (in der Figur rechts sichtbar) angebrachte Trommeln mit gemeinsamem Index geben die ganzen Umdrehungen und deren Hundertstel und, da die Zehntel der letzteren noch sicher zu schätzen sind, so geht die Genauigkeit der direkten Ablesung auf $^1/_{2000}$ *mm*. Eine in Millimeter geteilte Skale *g* und ein mit dem Meßtische laufender Index zeigen überdies die momentane Stellung des Tisches bezw. seine Bewegung in Millimeter an. Außer den gewöhnlichen Griffen zum Drehen der Schraube ist auf dieser außerhalb der Trommeln noch eine Scheibe *h* von 7 *cm* Durchmesser mit passenden Fingeröffnungen angebracht, von der man bei rascher Drehung, nämlich bei raschem Transport des Meßtisches über große Distanzen, Gebrauch macht.

Die Bewegung einer so beträchtlichen Masse wie die des ganzen Meßtisches durch eine Schraube, die zugleich das genaue Maß der Bewegung geben sollte, er-

forderte besondere Vorkehrungen, um den durch die Schraube zu überwindenden Widerstand auf ein Minimum herabzusetzen und doch eine vollkommen sichere Führung des bewegten Teiles zu verbürgen. Die Hrn. Toepfer & Sohn haben dies in sehr vollkommener Weise dadurch erreicht, daß sie einerseits den Meßtisch an seinem unteren Ende mittels einer horizontalen rechtwinklig-keilförmigen Rinne auf zwei Stahlkugeln von 15 *mm* Durchmesser aufruhen ließen, die in einer ebensolchen am Grundkörper festen Rinne in passendem gegenseitigen Abstande laufen, und anderseits am oberen Ende des Tisches sein Gewicht auf eine zu seiner Ebene senkrechte Stahlrolle von 20 *mm* Durchmesser übertragen, die auf einer dort am Grundkörper befindlichen Schiene *i* läuft und den oberen Stützpunkt für den auf diese Weise sich in ganz zwangloser Lage bewegenden Objekttisch bildet. So hat die Meßschraube nur eine ganz unbedeutende rollende Reibung zu überwinden, und die Bewegung ist auch wirklich eine überraschend leichte, ohne irgendwelche Einbuße an Sicherheit der Führung. Die Laufbahn der Kugeln ist gegen Staub gut geschützt, eine Verstellung der Kugeln gegen einander in Anbetracht des auf ihnen ruhenden Gewichtes als ausgeschlossen zu betrachten und ferner eine sehr genaue Justierung der Schraube gegen die Führungsbahn möglich. Zwei Sicherungswinkel *k* am unteren Rande und ein ebensolcher am oberen Rande des Meßtisches, mit Stellschrauben, schützen diesen gegen gröbere Verstellungen, wie sie z. B. beim raschen Drehen im Positionswinkel, beim Auswechseln gewisser Teile des Tisches oder auf dem Transport möglich wären. Die Stellschrauben dieser Sicherungswinkel berühren den Grundkörper nicht, sondern bleiben um etwa 0,1 *mm* von den Kanten des letzteren, an denen sie vorübergleiten, entfernt. Ein toter Gang der Schraube ist in bekannter Weise durch ein Gewicht beseitigt, welches die Schraube gegen ihren Stützpunkt am linksseitigen Lager andrückt.

Die auszumessenden photographischen Platten werden auf den Glastisch aufgelegt und durch feststellbare Schieberahmen *l* und Anschläge gehalten; zur weiteren Sicherung ihrer Lage dienen zwei durch Stöpsel in die Rahmen einzusteckende Druckfedern, von denen drei Paare verschiedener Länge, je nach dem Plattenformat, beigegeben sind. Die Dimensionen des Glastisches reichen für Platten von 16 × 16 *cm* aus; kleinere Platten lassen sich mittels der Schieberahmen so versetzen, daß innerhalb gewisser Grenzen irgend eine beliebige Stelle derselben zentrisch zum Positionskreis zu liegen kommt.

Will man den Apparat zur Untersuchung der Schraube eines Mikrometers verwenden, so entfernt man den Glastisch und setzt statt seiner eine tellerartig vertiefte Bronzeplatte in den Positionskreis ein, in deren Mitte eine kreisrunde Öffnung von 50 *mm* Durchmesser ausgeschnitten und mit Schraubengewinde versehen ist. In diese wird das Mikrometer, und zwar nur der eigentliche Mikrometerkasten, der die Fadenplatten und die Schraube enthält, mit Hülfe eines passenden Zwischenringes, der für jedes Mikrometer leicht anzufertigen ist, eingeschraubt, sein Okular entfernt, sodaß die Fäden freiliegen, und dann das Mikroskop des Meßapparates scharf auf diese eingestellt. Die Orientierung der Fäden des Mikrometers gegenüber denen des Meßmikroskopes geschieht einfach durch die Posititionswinkeldrehung des Objekttisches.

Die Beleuchtung der auf dem Objekttisch befindlichen Objekte erfolgt durch einen großen, im Innern des Grundkörpers angebrachten drehbaren Spiegel.

Das Meßmikroskop ist in einem Schlitten *m* befestigt, der auf dem obern durchbrochenen Teil des Mikroskopträgers zwischen zwei Führungsleisten gleitet und so eine Verschiebung des Mikroskopes senkrecht zur Bewegungsrichtung des Meßtisches ermöglicht. Die Schraube, welche diese Bewegung erteilt, soll je nach Umständen

auch zur Messung dienen können und ist demgemäß ebenfalls eine genau gearbeitete Mikrometerschraube. Ihre Ganghöhe beträgt 1 *mm*, die benutzbare Gewindelänge 80 *mm*, die ganzen Umdrehungen werden an einer rechtsseitig befindlichen Skale, die Hundertstel an einer Trommel abgelesen, die am untern Ende der Schraube sitzt und durch einen dort in Kugelgelenk angebrachten kleinen Spiegel *n* beleuchtet wird; die Genauigkeit geht also bis auf $^1/_{1000}$ *mm*. Um dem Beobachter die Drehung der Schraube bequemer zu machen, ist sie durch zwei konische Zahnräder seitwärts auf einen Griff an kurzer Achse übertragen; eine neben dem Griff auf die Achse gesetzte Scheibe *o* mit Fingeröffnungen gestattet die rasche Fortbewegung des Mikroskopes über größere Entfernungen. Die Bewegung ist auch hier trotz des nicht unbeträchtlichen Gewichtes des Mikroskopes und der Reibung in der Schlittenführung eine äußerst leichte; der tote Gang der Schraube wird wieder so weit als möglich durch ein den Schlitten nach unten ziehendes Gewicht *p* beseitigt, das vorn frei herabhängt.

Zum Mikroskop gehören drei Objektive, die in ein besonderes, im Hauptrohr des Mikroskopes gleitendes Zugrohr mit Skale eingeschraubt werden, die beiden stärkeren wie gewöhnlich an dessen unterem Ende, das dritte, schwächste dagegen am obern Ende, sodaß es in das Innere des Hauptrohres zu liegen kommt; das Zugrohr muß im letzteren Falle ganz herausgezogen und, nachdem das Objektiv darin eingeschraubt wurde, wieder eingeschoben werden. Diese Einrichtung bezweckt, die Vergrößerung des Mikroskopes in weiten Grenzen nach Belieben variieren und je dem besonderen Falle anpassen zu können. Das Mikroskop als Ganzes wird durch Zahnstange und Trieb *q* fokussiert und alsdann durch einen Klemmring festgestellt.

Das obere Ende des Mikroskopes ist durch einen kreisförmigen Flansch von 60 *mm* Durchmesser abgeschlossen, dem zwei voneinander unabhängige Drehungen um die Mikroskopachse erteilt werden können; die eine, mittels Zahnkranz und Tangentialschraube, erstreckt sich über volle 360°, wogegen die zweite, nach Lösung einer Klemmschraube zu bewerkstelligende, durch Anschläge genau auf 90° abgegrenzt ist, sodaß man den Okularteil jederzeit rasch um diesen Winkel drehen und so in zwei zueinander senkrechten Richtungen benutzen kann. Auf diesen Flansch können durch Bajonettverschluß zwei verschiedene Meßapparate aufgesetzt werden.

Der eine ist ein einfacher Okularkörper mit zwei Parallelfäden, einem festen und einem gegen ihn verstellbaren; ein dritter steht senkrecht zu beiden. Der bewegliche der beiden ersten läßt sich bis auf etwa den dritten Teil des Gesichtsfeldes nach beiden Seiten hin vom festen entfernen und in jeder Lage alsdann fixieren, sodaß man ein festes Intervall von beliebiger Größe durch die beiden Fäden abgrenzen kann. Hiervon macht man Gebrauch, wenn bei Messungen mit den beiden großen Mikrometerschrauben die Objekte, beispielsweise photographische Sternscheibchen oder Spektrallinien, *zwischen* die Meßfäden gestellt werden sollen und man den Abstand der letzteren jeweils der Breite der betrachteten Objekte einigermaßen anpassen will, ganz besonders aber bei Untersuchungen von Mikrometerschrauben, wo auf diese Weise durch die beiden Fäden irgendwelche beliebige Intervalle zwischen ihnen hergestellt und mit der zu untersuchenden Schraube, die alsdann in der oben beschriebenen Art auf dem Meßtisch angebracht wird, durchgemessen werden können. Außerdem besitzt dieser Okularkörper eine Einrichtung, um bei Messung schmaler Spektren das sonst in der Regel runde Gesichtsfeld rechteckig abzublenden, mittels zweier durch eine Kurvenscheibe symmetrisch zum Zentrum aufeinander zu oder voneinander weg zu bewegenden parallelen Blendbacken. Die Bewegung der letzteren geschieht durch Drehen des obern von zwei konzentrisch über einander angebrachten

Ringen am Okularkörper; der untere Ring dient als Anschlag und ist in beliebig verschiedenen Stellungen festklemmbar, um eine einmal gewählte Gesichtsfeldhöhe immer wieder herzustellen. Damit der Übergang vom hellen Gesichtsfeld zu den begrenzenden Spaltbacken nicht zu schroff, sondern ein allmählicher wird, sind die letzteren mit kleinen Rauchglasplättchen versehen. Zu dieser Meßvorrichtung gehören zwei Okulare; das eine ist eine einfache plankonvexe Linse, das andere eine aplanatische Lupe zur Erzielung einer stärkeren Vergrößerung der Meßfäden. Mit Hülfe dieser beiden Okulare und der drei oben angeführten Objektive läßt sich die Vergrößerung des Mikroskopes in weiten Grenzen, nämlich zwischen etwa 2 und 100, variieren. Die stärkeren Vergrößerungen werden durch die Objektive Nr. 2 und 3, die am äußern Ende des Objektivzugrohres anzubringen sind, erlangt, die schwächern, von 12 abwärts, durch das Objektiv Nr. 1, das am innern Ende des Zugrohres seinen Platz hat und dann durch entsprechende Verschiebung des letzteren in die zu den einzelnen Vergrößerungen gehörigen Stellungen gebracht wird.

Der zweite, an Stelle des eben beschriebenen Meßokulars anzubringende Apparat ist ein gewöhnliches Mikrometer mit zwei zueinander senkrechten Doppelfäden, welche durch zwei entsprechend angeordnete Mikrometerschrauben *r* und *s* von 0,25 *mm* Ganghöhe geführt werden. Er kann also zur gleichzeitigen Messung rechtwinkliger Koordinatendifferenzen nahe beisammenliegender Objekte dienen, eventuell unter Beziehung der letzteren auf die benachbarten Linien eines auf die Platte aufkopierten Strichnetzes. Das Okular besitzt doppelte Schlittenbewegung in den beiden Meßrichtungen, sodaß der eingestellte Punkt immer in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht werden kann. Auch diesem Mikrometer sind zwei Okulare beigegeben, nämlich ein Ramsdensches, das in der Regel verwendet wird, und daneben noch eine etwas stärkere aplanatische Lupe. Das erstere gestattet in Verbindung mit den beiden schwächern Objektiven, die Vergrößerung von etwa 6 bis 45 zu variieren.

Wie aus dem Vorstehenden zu ersehen ist, läßt der Meßapparat sich in sehr mannigfaltiger Art verwenden, sowohl zur direkten Messung von Distanzen und Positionswinkeln als auch zur gleichzeitigen oder getrennten Ermittlung rechtwinkliger Koordinaten bezw. Koordinatendifferenzen bei beliebiger Richtung der Hauptachsen, für größere Entfernungen bis auf etwa 100 *mm* mittels der beiden großen Meßschrauben, bei kleinern Beträgen auch mit dem Okularmikrometer, gegebenenfalls unter Beiziehung eines auf der Platte befindlichen Gitters, in welchem Falle die beiden großen Schrauben nur zur Bewegung der Platte dienen.

Äußerst bequem hat sich der Apparat bereits für den oben erwähnten Zweck der Bestimmung der Fehler von Mikrometerschrauben erwiesen. In diesem Falle wird die große horizontale Schraube dazu benutzt, dem in Untersuchung befindlichen Mikrometer die erforderliche wiederholte Verschiebung zu geben, damit eine durch die Fäden im Okularkopf I gegebene Distanz über bestimmte Teile der zu untersuchenden Schraube hin repetiert, d. h. der Reihe nach mit verschiedenen Windungen der letzteren gemessen werden kann. Das analoge Verfahren läßt sich offenbar auch zur Prüfung der Meßschrauben des Apparates selbst einschlagen, indem man auf dem Objekttische an Stelle des zu untersuchenden Mikrometers eine in der Richtung der Meßschraube relativ zu dieser verschiebbare Marke anbringt und mittels dieser ein bezw. eine Anzahl gegebener Fädenintervalle der Reihe nach mit verschiedenen Teilen der Schraube durchmißt.

Zürich, im August 1907.

Induktions-Variometer und Widerstands-Kombinationen.

Von
H. Hausrath in Karlsruhe.

Wenn es auch heute nicht an vorzüglich ausgearbeiteten Apparaten fehlt, welche die bequeme und exakte Ausführung der bekannten und allgemein eingeführten elektrischen Meßmethoden ermöglichen, so bleibt doch, wer vor Aufgaben gestellt ist, die mit den bekannten Verfahren nicht befriedigend gelöst werden können, auf die Selbsthülfe verwiesen. In dieser Lage hat Verfasser eine Reihe von Apparaten konstruiert, deren Ausführung in der Werkstatt des Elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule Karlsruhe durch Hrn. Geh. Hofrat Dr. E. Arnold veranlaßt worden ist. Von diesen Apparaten, soweit sie noch nicht in besonderen Abhandlungen oder im Zusammenhang mit den Untersuchungen, zu deren Zweck sie ausgeführt wurden, beschrieben werden konnten, sollen hier einige mitgeteilt werden, die auch für andere Institute oder Laboratorien von Interesse sein könnten.

Induktions-Variometer.

Selbstinduktions-Variometer nach M. Wien.

Die zunächst zu beschreibenden Selbstinduktions-Variometer dienten zu Messungen nach einer vom Verfasser angegebenen Differentialmethode, deren Grundlagen an anderer Stelle[1]) veröffentlicht sind. Es wurden zwei Variometer gebaut, deren Meßbereiche aneinander anschließen.

Für die Herstellung des größeren Variometers (Fig. 1) diente die von M. Wien[2]) angegebene Konstruktion als Vorbild. Es unterscheidet sich von dieser jedoch in der äußeren Ausgestaltung und insbesondere dadurch, daß bei ungefähr gleichem Meßbereich wie bei dem Wienschen zwei Stufen weniger gebraucht werden, obgleich die Windungen aus Dolezalekschen Litzen von 0,6 *qmm* Gesamtkupferquerschnitt hergestellt sind, welche ziemlich großes Volumen beanspruchen. Die Abmessungen (in Zentimeter) sind folgende:

Äufserer feststehender Ring: innerer Durchmesser 22,1; Breite 5,7; innerer Durchmesser des Wicklungsraums 23,8; äußerer Durchmesser 32,0.

Innerer drehbarer Ring: äußerer Durchmesser 22,0; Breite 5,7; innerer Durchmesser des Wicklungsraums 20,0; äußerer Durchmesser 22,0.

Die Breite des Wicklungsraums beträgt bei beiden Ringen 2,6 *cm*. Eine Wicklungslage enthält 18 Windungen. Die innere Rolle enthält außen eine Wicklung mit 2 Lagen und darunter eine Wicklung von 4 Lagen und 9 Windungen. Die äußere Rolle enthält 4 Wicklungen mit 2, 4, 8 und 20 Lagen. Bei der Konstruktion sind Metallteile völlig vermieden. Als Drehlager dienen je zwei Stabilitplatten, von denen die eine an der äußeren Rolle befestigt ist und eine Ausbohrung besitzt, in welche ein an der anderen Scheibe angebohrter Drehzapfen paßt. In die letzteren Scheiben kann die innere Rolle parallel mit der äußeren bis zu einem Anhalt eingeschoben werden, der sich in der Fig. 1 auf der Rückseite befindet.

---

[1]) H. Hausrath, Die Untersuchung elektrischer Systeme u. s. w. Berlin, J. Springer 1907. *S. 61 u. flgde.* — Umfangreiche durch Anwendung dieser Differentialmethode ermöglichte Untersuchungen sind von H. Niebuhr (Experimentelle Untersuchungen über die Selbstinduktion in Nuten gebetteter Spulen u. s. w. Berlin, J. Springer 1907) ausgeführt worden. Dort findet sich auch eine ausführliche Diskussion ihrer Vorteile für die Messung sehr kleiner Selbstinduktionen.

[2]) M. Wien, *Wied. Ann.* **57.** *S. 249. 1896.*

An den Lagern wurde der Wicklungsraum der beweglichen Spule so weit vertieft, daß die Wicklungen unter den Stabilitscheiben Platz hatten, während sie am übrigen Umfang bis zur lichten Weite des äußeren Rings hervortreten.

Eine weitere Maßnahme, welche den Variationsbereich der einzelnen Stufen gegenüber dem Wienschen Apparate vergrößerte, besteht darin, daß die innere Spule um volle 180° drehbar gemacht wurde. Zu diesem Zweck wurde an einem Quadranten des festen Rings ein Hohlraum geschaffen, welcher die in einem Schlauch zusammengefaßten Zuleitungen der beweglichen Rolle bei der Drehung aufnimmt. Anschläge verhindern eine zu weite Drehung nach beiden Richtungen.

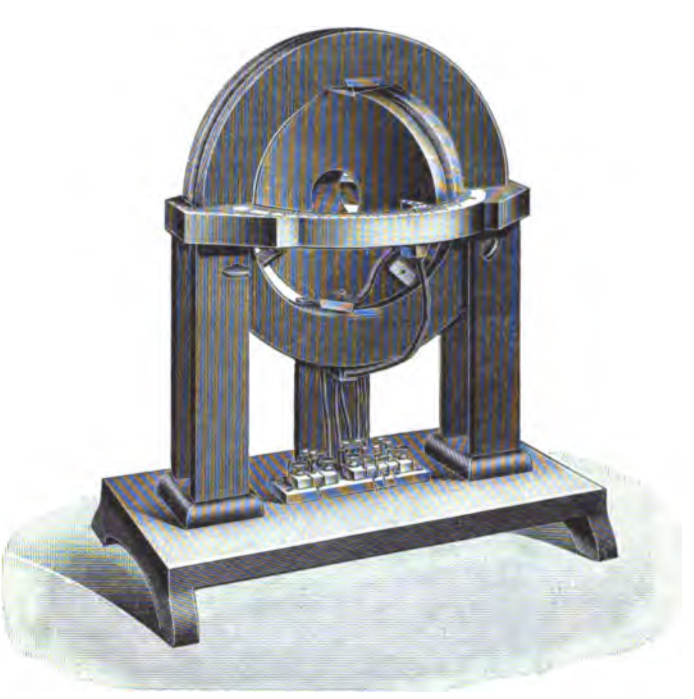


Fig. 1.

Die äußere Rolle ist von oben in einen mit Kreisskale versehenen Holzring eingelassen, der mit dem Grundbrett starr verbunden ist. Einkerbungen und hölzerne Konusse sichern die gegenseitige Lage der Ringe und der Kreisteile. Die Teile können so zum Ausprobieren der Wicklung bequem auseinander genommen werden. Die verschiedenen Schaltungen werden durch Stöpselschalter hergestellt, deren Anordnung aus Fig. 1 zu ersehen ist.

Die Schaltungen mit dem zugehörigen Meßbereich sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Nummer	bewegliche Spule	feste Spule	Selbstinduktion in Millihenry
1	1	1	0,385 bis 1,606
2	1	2	1,707 „ 4,128
3	1 + 2	1 + 2	4,10 „ 15,50
4	1 + 2	2 + 3	15,45 „ 36,61
5	1 + 2	4	33,10 „ 54,88
6	1 + 2	2 + 4	44,43 „ 73,63
7	1 + 2	3 + 4	67,75 „ 103,1
8	1 + 2	1 bis 4	97,37 „ 144,2

Abgestuftes Selbstinduktions-Variometer mit Parallelverschiebung.

Für Variatoren mit kleinerer Selbstinduktion ist die Anordnung einer feststehenden und einer über diese parallel verschiebbaren Spule geeigneter. Bei dieser Ausführung müßte eine Spule kommutiert werden, um die Variation in Gegenschaltung auszunutzen. Dabei würde aber eine Lücke bleiben, welche der doppelten Änderung der Selbstinduktion zwischen dem konstruktiv zulässigen äußersten Abstand und

unendlicher Entfernung der verschiebbaren gegen die feste Spule entspricht. Auch wird bei größerem Abstand die Eichkurve sehr flach. Ausschlaggebend gegen Verwendung der Gegenschaltung war schließlich der Umstand, daß die hierdurch erzielte Erweiterung des Variationsbereichs mit großem Widerstandsballast erkauft wird, der insbesondere bei Verwendung Dolezalekscher Litzen und für Messungen an eisenhaltigen Spulen vermieden werden mußte. Es wurde deshalb die Anordnung gewählt, deren Schema in Fig. 2 dargestellt ist.

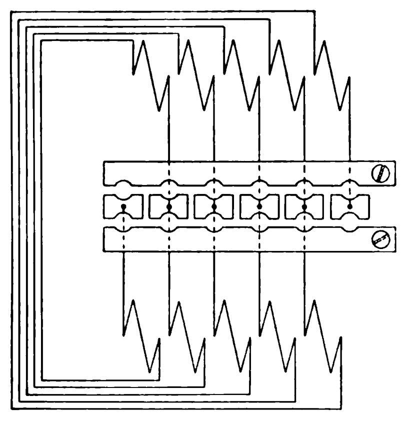


Fig. 2.

Die einzelnen Abteilungen sind auf der festen und beweglichen Spule neben einander angeordnet, sodaß jede Abteilung aus gleich viel Windungen auf beiden Spulen besteht. Alle Abteilungen sind in drei Lagen gewickelt. Der Kern der beweglichen Spule wird durch eine gutgeleimte Papierhülse gebildet, welche sich mit leichter Reibung auf der durch eine Papierhülse geschützten oberen Wicklungslage der feststehenden Spule verschiebt. Hartgummihülsen werden wohl vorzuziehen sein, jedoch ist eine Änderung der Eichwerte mit der Zeit nicht bemerkt worden.

Nachdem die erste Abteilung mit beiläufig 10 Windungen gewickelt und der Endwert der Selbstinduktion gemessen war, wurden als zweite Abteilung allmählich soviel Windungen aufgebracht, bis der Anfangswert der Selbstinduktion dieser Abteilung den Endwert der ersten eben überdeckte. So weitergehend wurden die in folgender Tabelle angegebenen Stufen erhalten:

Nummer	Spule	Selbstinduktion in Millihenry
1	1	0,025 bis 0,037
2	2	0,033 „ 0,052
3	3	0,050 „ 0,080
4	4	0,081 „ 0,135
5	2 + 3	0,131 „ 0,219
6	1 + 2 + 3	0,220 „ 0,373
7	4 + 5	0,372 „ 0,645
8	3 + 4 + 5	0,560 „ 0,957
9	1 bis 5	0,852 „ 1,520

Das Schaltbrett besteht aus den sechs Kontaktklötzen des Schemas, mit denen Anfang und Ende der zu wählenden Abteilung an die beiderseits entlang laufenden Schienen angestöpselt werden, welche die Zuleitungsklemmen tragen. Indem man die Verbindung der beiden Schienen vertauscht, wird der Strom kommutiert und dadurch der Einfluß fremder Felder kontrolliert, der bei kleinen Selbstinduktionen besonders zu beachten ist.

Auf den Schutz der Verbindungsleitungen zwischen der festen und verschiebbaren Spule ist größte Sorgfalt zu verwenden. Bei dem ausgeführten Apparat waren die zehn Litzen in einem Gummischlauch vereinigt, der an beiden Enden fest eingeklemmt war. Trotzdem entstand nach halbjährigem, allerdings ununterbrochenem Gebrauch ein Kontaktfehler, welcher feinere Messungen unmöglich machte. Es dürfte sich also empfehlen, das Kabel noch weiter, etwa durch eine Spirale aus Neusilber-

draht, vor Knickung der Drähte zu schützen, auf die Gefahr hin, daß durch Wirbelströme eine geringe Abhängigkeit von der Periodenzahl eintritt.

Äußerlich unterscheidet sich das Variometer nicht wesentlich von bekannten Ausführungsformen mit Parallelverschiebung.

Widerstands-Kombinationen.

Leitfähigkeitssatz.

Die eingangs erwähnten Untersuchungen gaben auch zur Konstruktion einer Widerstandskombination Veranlassung, mittels deren kleine Widerstände genau einreguliert werden können. Man hilft sich in diesem Falle bekanntlich dadurch, daß als Meßwiderstand parallel geschaltete Rheostaten verwendet werden, deren einer möglichst großen Widerstand enthält, sodaß eine Feinregulierung möglich ist. Im vorliegenden Fall war die erforderliche Feinheit der Widerstandsabgleichung (ohne welche die Selbstinduktionsmessung nicht genügend genau ausgeführt werden konnte) nur durch drei parallel geschaltete Rheostatensätze erreichbar. Ganz abgesehen davon, daß die Durchführung und Berechnung umfangreicher Versuchsserien auf diese Weise sehr umständlich wird, können genaue Messungen mit Stufen von einigen zehntel Ohm auf diese Weise überhaupt nicht ausgeführt werden, weil gegen so kleinen Gesamtwiderstand der Widerstand der Bürsten von üblicher Ausführungsform nicht vernachlässigt werden darf.

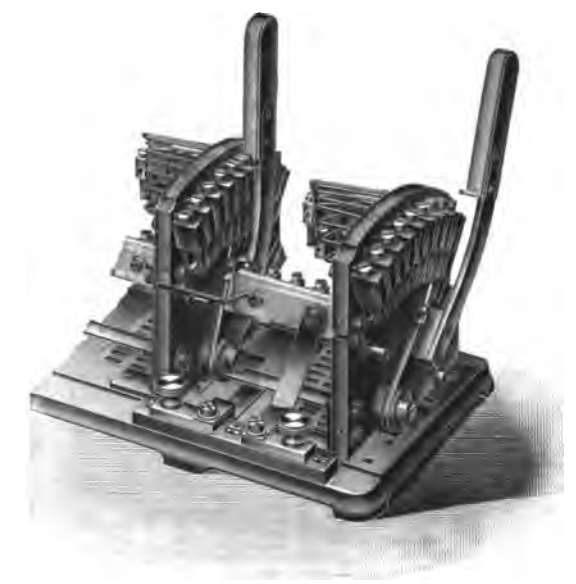


Fig. 3.

Hiergegen kann selbstverständlich Abhülfe geschaffen werden durch eine Kombination, welche nicht nach ganzzahligen *Widerständen*, sondern nach *Leitfähigkeiten* geordnet ist, sodaß sie in genügend vielen Dekadengruppen je 9 „Mho“-Einheiten enthält. Da diese Stufen durch Parallelschaltung ganzzahliger Widerstände hergestellt werden können, z. B. die Beträge 1 bis 9 „Mho“, indem man neun 1 Ohm-Widerstände folgeweise parallel schaltet, so stehen der Abgleichung keine Schwierigkeiten entgegen, dagegen ist die Größe der Widerstände nach unten durch die Dimensionen und die Kosten der Kontaktbürsten beschränkt, deren Unsicherheit noch innerhalb der geforderten Genauigkeitsgrenze bleibt. Deshalb konnte nur die aus Fig. 3 ersichtliche Konstruktion in Betracht kommen.

Die gewählte Ausführung der Bürste mit je vier auf beiden Seiten einer Kontaktscheibe unabhängig anfedernden Lamellen besitzt einen Übergangswiderstand von 0,0002 Ohm mit Einschluß des Widerstands der Lamellen. Die Unsicherheit des Bürstenkontakts wird also gegen 0,1 Ohm nicht mehr als 0,01 % betragen. Der gesamte Widerstand der beiderseitigen Zuleitung zum Manganinwiderstand ergab sich für den durch Parallelschaltung aller Einzelwiderstände hergestellten kleinsten Betrag von $^1/_{90}$ Ohm zu etwa 0,0003 Ohm. Dies bedingt einen Temperaturkoeffizienten

von etwa 0,01 % für den ungünstigsten Fall, wenn alle Widerstände parallel geschaltet sind. Selbst wenn also die erste Dekade aus Widerständen von 0,1 Ohm besteht, ist die gleiche Abgleichungsgenauigkeit der einzelnen Stufen wie bei den üblichen Rheostatensätzen gerechtfertigt. Der ausgeführte Apparat besteht aus vier Gruppen von je 9 × 0,1; 1; 10 und 100 Ohm als Einzelwiderständen, die demnach 99,99 bis 0,01 Mho in Stufen von 0,01 Mho einzustellen gestatten.

Die Einzelheiten der Konstruktion dürften aus Fig. 3 zu erkennen sein, welche die beiden ersten Dekaden vor Einbau der Widerstände darstellt. Hinter jeder Bürstenreihe ist ein federnder Anhalt angebracht, der in Kerben der Kontaktscheibe einspringt, um das Einstellen der einzelnen Stufen zu erleichtern.

Für die Widerstände wurde das von Feußner[1]) angegebene Modell gewählt, bei welchem jede Einheit auf eine Glimmerplatte als Unterlage gewickelt ist. Durch diese Anordnung konnte jedenfalls am besten der durch die Konstruktion der Kontaktscheiben gegebene Raum ausgenutzt, also größtmögliche Belastbarkeit erreicht werden, worauf im vorliegenden Fall hauptsächlich Wert gelegt wurde. Daß die Konstanz von Glimmerwiderständen der höheren Dekaden zu wünschen übrig läßt, ist für ihre Verwendung in dem Leitfähigkeitssatz aus dem Grund ohne Belang, weil sie hier nur die letzten Dezimalstellen bestimmen.

In den aus Einheiten von 0,1 und 1 Ohm gebildeten beiden ersten Dekaden dürfte das Feußnersche Modell jedenfalls den Ausführungsformen vorzuziehen sein, welche für diese Widerstandsgrößen bei Rheostatensätzen üblich sind. Bei Belastung mit 100 Watt pro Dekade, bei welcher sich die von Hartmann & Braun A.-G. in Frankfurt a. M. aus Konstantan-Bändern, bezw. -Drähten hergestellten Widerstände auf etwa 70° erwärmen, wird allerdings, abgesehen von der durch den Temperaturkoeffizienten bestimmten Widerstandsänderung, eine dauernde Änderung des Werts zu erwarten sein. Erfahrungen liegen hierüber noch nicht vor.

Doppelkurbelrheostat für paarweise gleiche oder sich ergänzende Stufen und seine Anwendung.

Die beiden im folgenden beschriebenen Widerstandskombinationen bestehen aus den üblichen Dekadensätzen mit Serienschaltung von 9 Einheitswiderständen und Kurbelregulierung. Sie sollen diese relativ kostspieligen Sätze universelleren Zwecken dienstbar machen, sodaß ein Apparat die Funktionen übernimmt, für welche sonst mehrere erforderlich sind.

Sehr naheliegend ist die zunächst zu beschreibende Umschaltvorrichtung für Doppelkurbelrheostaten. Bei diesen sind die Kurbeln zweier gleichgebauten Rheostatensätze zwangläufig miteinander verbunden, sodaß entweder in dem einen Satz soviel eingeschaltet wie im andern abgeschaltet wird, oder daß in beiden Sätzen gleich viel Stufen gleichzeitig eingeschaltet bezw. abgeschaltet werden. Um einen solchen Doppelkurbelrheostaten in beiden Schaltungen verwenden zu können, ist es selbstverständlich nur nötig, in einem der beiden Sätze die Verbindungsleitung von der Anfangsklemme bezw. von der Kurbel der vorhergehenden Dekade aus zu einem Umschalter zu führen, welcher sie mit dem einen oder andern Ende der Widerstandsreihe dieser Dekade verbindet (Fig. 4)[2]). In der ersten Schaltung erfüllt der Apparat dann die Funktionen eines Meßdrahts mit Schleifkontakt in allen Fällen, wo dessen

[1]) *Elektrotechn. Zeitschr.* **20.** *S. 611. 1899.*

[2]) Der Apparat wird von Hartmann & Braun A.-G. in Frankfurt a. M. ausgeführt. Die äußere Ausgestaltung des Apparats ist aus der Preisliste dieser Firma von 1906 zu ersehen.

Verwendung wegen des beschränkten Widerstands und nicht genügender Genauigkeit unzulässig ist. Die wichtigsten Anwendungen findet er in der Wheatstoneschen Brücke bei Gleichstrom- oder Wechselstrommessungen und als Kompensationsapparat. Die zweite Ausführungsform dient zum Vergleich kleiner Widerstände mit Normal-Meßwiderständen in der Thomsonschen Doppelbrücke. Zur Ergänzung sind hier nur zwei Widerstände von etwa 10 Ohm erforderlich. Vortrefflich eignet sich der Apparat in der letzteren Schaltung auch zur Ausführung von Selbstinduktions- und Kapazitätsmessungen nach den bekannten Brückenmethoden.

Sofern die gesuchten Größen bei Wechselstrom keine Widerstandsvermehrung zeigen, also insbesondere bei der Vergleichung von einwandfreien Normalen und Variatoren, ist das allgemein verwendbare Näherungsverfahren bei Wechselstrom bekanntlich durch eine Widerstandsabgleichung mit Gleichstrom und darauffolgende Abgleichung mit Wechselstrom zu ersetzen. Bei der letzteren Abgleichung, welche vielfach mittels eines Doppelkommutators vorgenommen wird, der besondere Wechselstromquelle und Wechselstrominstrument entbehrlich macht, muß das Verhältnis zweier benachbarter Widerstände gewahrt werden, während das Verhältnis beider gegen die beiden andern anstoßenden Widerstände variiert wird. Diese Bedingung wird durch den Doppelkurbelrheostat mit jeweils paarweis gleichen Widerstandsstufen von selbst erfüllt.

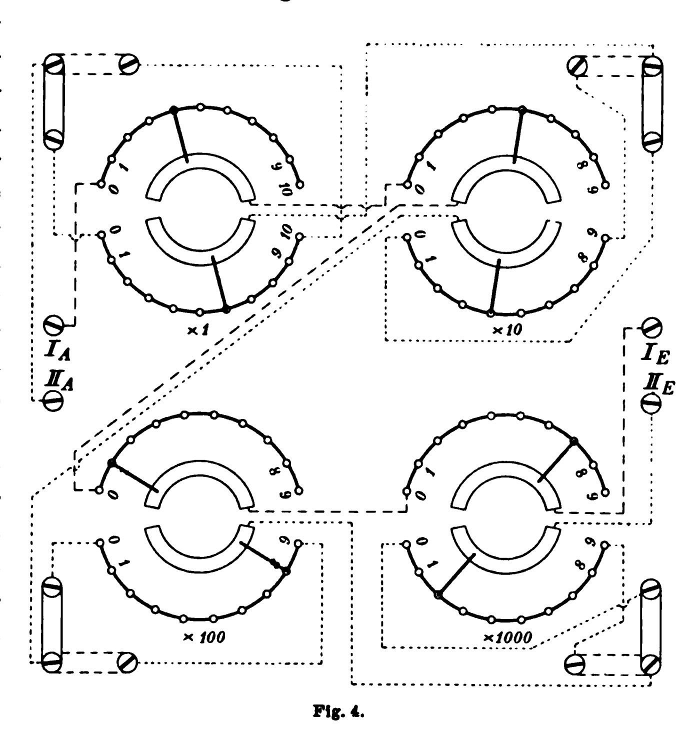


Fig. 4.

Zur Anwendung des Apparats in Meßdrahtschaltung sei noch bemerkt, daß der Umschalter gleichzeitig die Ausschaltung höherer Dekaden erlaubt, wenn der Gesamtwiderstand des ganzen Satzes etwa mit Rücksicht auf die Empfindlichkeit bei Brückenmessungen zu groß ist. Man stellt dann bei dieser Dekade die Verbindung für paarweis gleichen Widerstand her und schaltet die Kurbel auf Null.

Reicht die Regulierbarkeit nicht aus, so kann zwischen den beiden Sätzen noch ein Meßdraht eingeschaltet werden, den man passend aus zwei parallel gespannten Drähten herstellt, die an einem Ende kurzgeschlossen sind, während den an den Rheostaten anliegenden Klemmen ein Widerstand parallel geschaltet ist, der den Kombinationswiderstand 1 Ohm oder 0,1 Ohm herstellt, je nachdem die letzte Dekade Einer oder Zehntel enthält. Die letzte Dekade besitzt stets 10 Einheiten, sodaß der Gesamtwiderstand eine ganze Dezimalzahl wird, und die Obachsche Tabelle zur Berechnung des Verhältnisses der beiden Teile benutzt werden kann. Um dies auch bei eingeschaltetem Meßdraht zu ermöglichen, muß der letzte Widerstand in der letzten Dekade der beiden Sätze kurzgeschlossen werden. Daß der Meßdraht den

geforderten Einheitswiderstand nicht selbst, sondern nur in Kombination mit einem ihm parallel geschalteten Widerstand besitzt, ist selbstverständlich für Kompensationsmessungen gleichgültig. Aber auch bei Brückenmessungen ist dieser Umstand, wie man sich leicht durch Nachrechnung überzeugen kann, ohne Einfluß, sowohl wenn die Stromquelle, als wenn das Instrument an den Schleifkontakt des Meßdrahts angelegt wird.

Widerstandsanordnung zur Verwendung als Rheostatensatz und Kompensationsapparat.

Die im folgenden beschriebene Widerstandskombination verdankt ihre Entstehung Anfragen nach einem zugleich billigen und zuverlässigen Kompensationsapparat, die von verschiedenen Seiten an den Verfasser gerichtet wurden.

Bekannt als billige Anordnung ist die Vereinigung einer Reihe gleich großer Einheitswiderstände und eines Meßdrahts vom Gesamtwiderstand der gewählten Einheit. Mittels eines Wanderkontakts an ersteren und eines Schleifkontakts an letzterem kann in stetiger Variation jede Teilspannung abgegriffen werden. So bestechend diese Anordnung durch ihre Einfachheit ist, zeigt eine nähere Überlegung, welche durch die Erfahrung bestätigt wird, daß diese Einrichtung den Anforderungen nicht entsprechen kann, welche man an einen zu Eichungsmessungen bestimmten Apparat stellen muß. Denn fordert man im Anschluß an den Meßbereich bekannter Präzisionsinstrumente nur eine Maximalspannung von 1,5 Volt und entsprechend eine Unterteilung in 15 Einheiten, so kann man mit Rücksicht darauf, daß einem gewöhnlichen Meßakkumulator dauernd konstante Ströme nur bei geringer Stromstärke entnommen werden dürfen, den Einheitswiderstand nicht kleiner als 1 Ohm wählen[1]). Bei diesem Betrag fällt aber die Dicke eines Meßdrahts von noch handlicher Länge so klein aus, daß er sehr rasch abgenutzt und verbogen wird. Für größere Spannungen ist ein solcher Kompensationsapparat überhaupt nicht herstellbar.

Den Interessen eines mit bescheidenen Mitteln ausgestatteten Laboratoriums wird jedenfalls am besten durch eine Widerstandskombination gedient sein, welche sowohl als Kompensationsapparat wie als gewöhnlicher Kurbelrheostat mit 9 Dekaden verwendet werden kann. Eine solche, zu deren Ausführung sich die Firma Siemens & Halske A. G. in Berlin gelegentlich in anerkennenswerter Weise bereit erklärt hat, konnte in der durch Fig. 5 schematisch dargestellten Anordnung gefunden werden.

Man erkennt sofort, daß die Kombination zwischen den Klemmen K nach Entfernung der beiden Stöpsel S einen Kurbelrheostatensatz in der üblichen Anordnung von je 9 Widerständen vom Betrag 0,1; 1; 10; 100 und 1000 Ohm darstellt. Durch Einsetzen der Stöpsel verwandelt sie sich ohne weiteres in einen Kompensationsapparat nach dem Typus der Rapsschen Anordnung. Von diesem unterscheidet sie sich durch die Wahl der Widerstände und durch die Lage der fünften Dekade, welche sich hier nicht im Hauptkreis, sondern nach einem schon von Diesselhorst[2]) zu anderm Zweck angewandten Verfahren in Serie mit der vierten Dekade befindet. Die Richtigkeit der getroffenen Anordnung kann aus der leicht abzuleitenden Bedingung nachgeprüft werden, daß der gesamte parallel geschaltete Widerstand plus seinem Abzweigungswiderstand im Hauptkreis das 10^n-fache des Einheitswiderstands

[1]) Bei einer derartigen Anordnung von R. Franke beträgt der Widerstand der Einheit 4 Ohm (vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 93. 1904*).

[2]) H. Diesselhorst, *diese Zeitschr.* **26.** *S. 172. 1906.*

der Unterdekade sein muß, wenn ihre Spannungseinheit gegen die der Dekade des Hauptkreises das 10^{-n}-fache betragen soll.

Die vierte und fünfte Dekade ist allerdings nur dann streng richtig, wenn die fünfte auf die 5-te Stelle eingestellt ist. In den beiden äußersten Lagen entsteht ein Fehler, der $^1/_{20}$ des Wertes der fünften Dekade entspricht. Dieser ist gleich dem durch die Nichtkompensation der fünften Dekade bei dem Rapsschen Apparat verursachten Fehler, wenn die kompensierte Spannung die drei letzten Dekaden voll umfaßt. Bei größeren Spannungen ist er kleiner als beim Rapsschen Apparat, bei kleineren steigt er dagegen umgekehrt proportional mit der abgegriffenen Spannung. Da man im allgemeinen immer mit drei Dekaden kompensieren wird, kann also in dieser Beziehung ein Nachteil gegenüber dem Rapsschen Apparat nicht hergeleitet

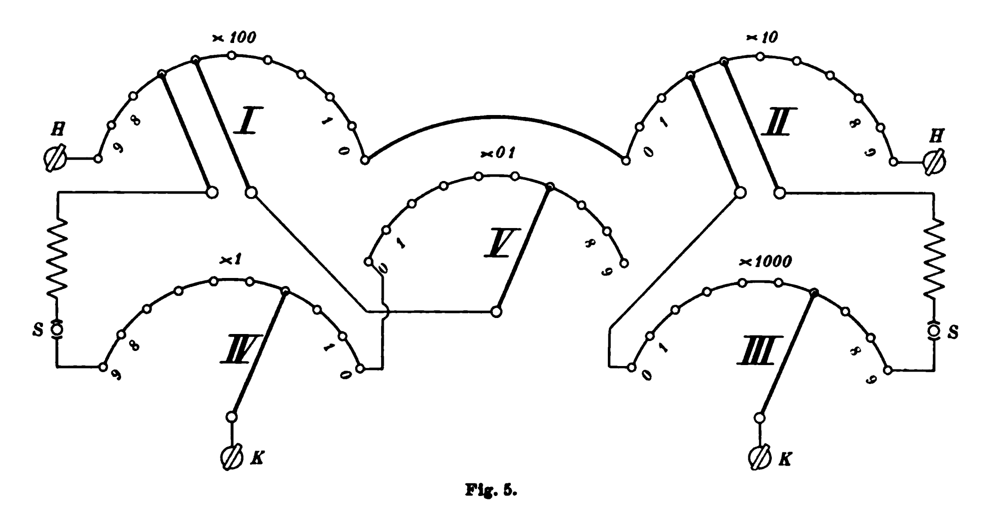


Fig. 5.

werden. Dagegen steht er diesem in bezug auf den Meßbereich nach, da die erste Dekade nach Raps aus Einheiten von 1000 Ohm, hier aber nur von 100 Ohm besteht. Der Rapssche Apparat kann deshalb leicht für 100 Volt Gesamtspannung gebaut werden. Bei gleicher Spannung würden die 100 Ohm-Einheiten unserer Schaltung mit je 1 Watt belastet sein.

Thermokraftfreie Kompensationsapparate mit konstantem Kompensationswiderstand.

Für die Messung kleiner Spannungen, bei denen einerseits die Thermokräfte an den Kontaktstellen des Apparats, andererseits die ungenügende Spannungsempfindlichkeit von Galvanometern mit großem Widerstand in Betracht zu ziehen ist, genügt der angegebene Apparat selbstverständlich ebensowenig als die bekannten Kompensationsapparate. Daß in solchen Fällen ein ganz anderes Prinzip der Kompensation als das bisher übliche verwendet werden muß, nämlich Kompensation durch Subtraktion der Spannungen in zwei parallelen Zweigen, habe ich an anderer Stelle[1]) ausgeführt.

Zu den in dieser Zeitschrift veröffentlichten Vorschlägen von Diesselhorst[2]) und White[3]) für die Konstruktion und Anordnung einzelner Dekaden, aus denen

[1]) H. Hausrath, *Ann. d. Physik* **17.** *S. 735. 1905;* im folgenden mit *H.* zitiert.

[2]) H. Diesselhorst, *diese Zeitschr.* **26.** *S. 297. 1906;* im folgenden mit *D.* zitiert.

[3]) W. P. White, *diese Zeitschr.* **27.** *S. 210. 1907;* im folgenden mit *W.* zitiert.

sich ein nach dem neuen Prinzip arbeitender Kompensationsapparat zusammensetzen läßt, möchte Verfasser im folgenden Stellung nehmen.

Was zunächst die Dekadenanordnungen als solche betrifft, so ist zweifellos der von Diesselhorst mitgeteilten Anordnung nach Fig. 2 seiner Abhandlung (*D.* Fig. 2) der Vorzug vor der von mir ursprünglich mitgeteilten zu geben, weil bei jener der Kontaktwiderstand geringeren Einfluß hat und weniger genau abzugleichende Ergänzungswiderstände nötig sind. Diese beiden Dekadenkonstruktionen haben wieder vor der andern Diesselhorstschen Konstruktion (*D.* Fig. 3) den Vorteil gemeinsam, daß mit ihrer Regulierung nur geringe Änderungen des Widerstands im Galvanometerschließungskreis verbunden sind. Diese schon vom Verf. geltend gemachte Forderung betont neuerdings White in der Absicht, durch automatisches Konstanthalten des „Meßkreiswiderstands" die letzten Dekaden mittels Ablesung des Restausschlags an dem zugehörigen Galvanometer meßbar zu machen.

Dieses Verfahren kommt selbstverständlich nur dann in Betracht, wenn man die Anwendung des etwa 5 *mm* dicken Meßdrahts in der vom Verfasser angegebenen Schaltung für ungeeignet hält. Da es aber hier nur darauf ankommt, das bekannte momentane Aussetzen von Schleif- oder Rollenkontakten zu beseitigen, während der normale Übergangswiderstand derselben hier ohne Belang ist, so müßte es nach Ansicht des Verfassers genügen, wenn zwei neben einander im entgegengesetzt gleichen Winkel gegen die Vertikale anfedernde Rollenkontakte verwendet werden.

Trotzdem muß auf die Frage eingegangen werden, wie die letzten Dezimalstellen am besten bestimmbar sind, falls man statt des Meßdrahts eine Rheostatenreihe wählt und infolgedessen ohne weiteres nur über drei einstellbare Dekaden verfügt.

Von den hierzu gemachten Vorschlägen, welche die Einordnung von drei weiteren Dekaden ermöglichen, erfordert die Diesselhorstsche Konstruktion (*D.* Fig. 7) nur für zwei Dekaden Ersatzwiderstände. Sie bedingt aber eine Widerstandsänderung im Galvanometerkreis bis 20 Ohm, d. i. 500% des Minimalwerts. Die Whitesche Anordnung (*W.* Fig. 4) hält den Schließungswiderstand konstant, erfordert aber für alle fünf Dekaden Ersatzwiderstände, und von den 10 Sätzen sind nur vier aus ganzzahligen Einheiten herstellbar. Bedenkt man nun, daß Spannungsmessungen, für welche das neue Kompensationsprinzip angebracht ist, doch kaum auf mehr als fünf Stellen genau sein können und brauchen, so scheint der Vorteil des konstanten Schließungswiderstands doch zu teuer erkauft. Denn wie vom Verfasser von vornherein vorgesehen wurde (*H.* Fig. 2), kann der Meßbereich ja immer so eingestellt werden, daß die erste Stelle durch die erste Dekade gemessen wird. Läßt man dagegen die Ersatzwiderstände δ_1 und δ_2 des Whiteschen Apparats (*W.* Fig. 7) fort und vergleicht ihn so mit dem Diesselhorstschen (*D.* Fig. 7), so können wohl die von White für seine Anordnung geltend gemachten Vorzüge anerkannt werden, daß er von Kontaktwiderständen und Thermokräften weniger beeinflußt ist, jedoch werden sich die Thermokräfte an den Abzweigungskurbeln erfahrungsmäßig recht störend bemerkbar machen, auch wenn man sie durch Kommutierung zu eliminieren sucht.

Will man sich andererseits damit begnügen, die vierte und fünfte Dezimale aus dem Restausschlag zu bestimmen, so wird man, wie ich weiterhin zeigen möchte, der Whiteschen Konstruktion (*W.* Fig. 3) kaum einen Vorzug vor schon bisher angegebenen Kombinationen mit drei Dekaden zuerkennen dürfen. Denn abgesehen davon, daß die Kontaktkräfte an den Abzweigungskurbeln auch hier vorhanden sind, können die für die Whiteschen Apparate charakteristischen Ersatzwiderstände,

welche den Meßkreiswiderstand konstant halten sollen, nur für einen bestimmten Widerstand des Hauptkreises richtig bemessen werden. Ihre Wirkung ist illusorisch, wenn man den Meßbereich des Apparats in oben erwähnter Weise zu verringern sucht. Das wird man aber bei Apparaten mit nur drei Dekaden nicht umgehen können. Denn wenn die zu messende Spannung nur ein Hundertstel des normalen Meßbereichs beträgt, so würde sonst die Genauigkeit schon nicht mehr größer sein als bei einfacher Ausschlagsmessung.

Bei der immerhin beschränkten Genauigkeit, welche das Meßverfahren mit nur drei Dekaden und Restausschlag bedingt, ist aber eine besondere Widerstandsergänzung für den Schließungskreis überhaupt nicht nötig, wenn die vom Verfasser ursprünglich angegebene Anordnung beibehalten wird (*H.* Fig. 2). Denn wie schon in der Überschrift der Veröffentlichung hervorgehoben wurde, besitzt dieser Apparat

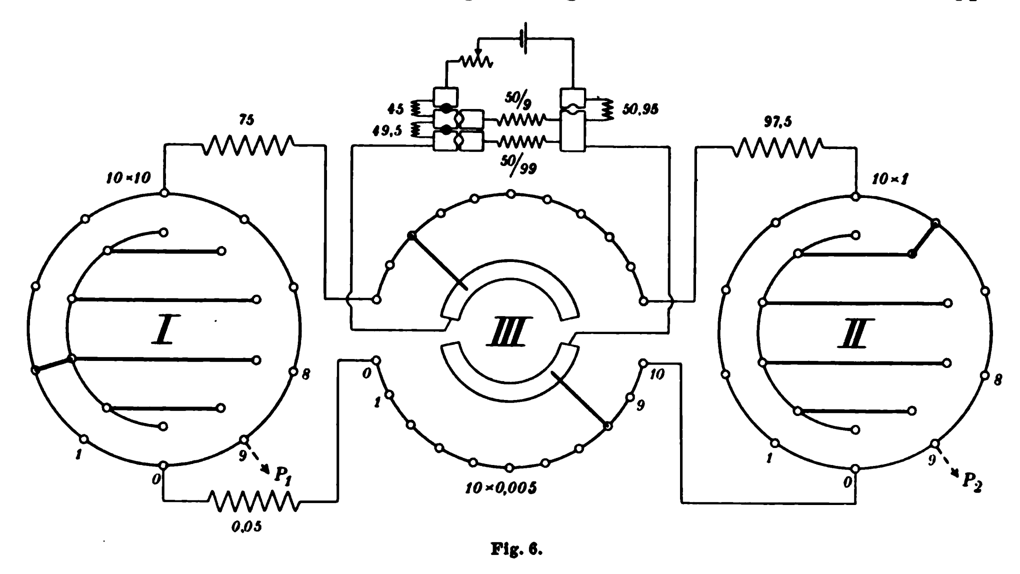


Fig. 6.

einen in allen Fällen nahezu konstanten Kompensationswiderstand. Dies gilt auch dann noch, wenn man die Dekadenkonstruktion durch die schon genannte Diesselhorstsche Konstruktion (*D.* Fig. 2) ersetzt.

Diese Ausführungsform, die Verfasser, wenn eine zuverlässige Schleifkontaktkonstruktion nicht ausführbar wäre, für die empfehlenswerteste halten würde, ist in Fig. 6 wiedergegeben. Die Einheit der ersten Dekade sei 10 Ohm, die der zweiten 1 Ohm, die der dritten demnach 0,005 Ohm. Der Widerstand beider Verzweigungen betrage 100 Ohm, die normale Klemmenspannung an den Verzweigungspunkten 1 Volt, sodaß sich der maximale Meßbereich zu 0,1 Volt ergibt.

Nehmen wir nun zunächst den äußeren Widerstand als unendlich an, so berechnet sich die größte Variation des Widerstands im Schließungskreis des Galvanometers zwischen P_1 und P_2 zu $^1/_4$ %. Verringert man den äußeren Widerstand bis auf Null, so tritt hierdurch im ungünstigsten Fall eine Änderung des Schließungswiderstands von 1 % ein. Widerstandsänderungen von diesem Betrag treten aber ohne weitere Maßregeln schon infolge von Temperaturschwankungen im Galvanometerkreis auf, noch erheblich größere im Fall der Temperaturmessung mit Thermoelementen.

Wird der Meßbereich zu 0,01 Volt angesetzt, also der Verzweigungswiderstand auf 1000 statt auf 100 Ohm ergänzt, so sinkt die größtmögliche Variation schon

auf 0,01 %. Die Ausführung mit diesem Meßbereich ist übrigens auch wegen der geringeren Hülfsstromstärke vorzuziehen. Für Messungen an Thermoelementen und für Starkstrommessungen ist er ausreichend. Größere Spannungen, von 0,01 Volt aufwärts, können auch mit den bisherigen Kompensationsapparaten durch Kommutieren einwandfrei gemessen werden.

Die Whitesche Anordnung besonderer Ergänzungswiderstände für den Galvanometerkreis scheint also zwecklos, weil die prinzipiell bessere Kombination nach Fig. 6 den Schließungswiderstand des Galvanometers ohne weiteres so weit konstant erhält, als in der Regel überhaupt auf Konstanz gerechnet werden kann. Will man diese Fehlerquelle durch Einfügen weiterer Dekaden reduzieren, so werden am besten in den Apparat nach Fig. 6 die von White angegebenen doppelten Nebenschlußanordnungen (*W.* Fig. 4, Dekade IV und V) eingebaut. Ihr Widerstand fällt dabei unter gleichen Annahmen für den Einheitswiderstand der ersten Dekade zehnmal so klein aus als in der Whiteschen Kombination. Um so mehr sind sie ohne Einfluß auf den Meßkreiswiderstand. Trotzdem aber der so erweiterte Apparat als der bisher vollkommenste angesehen werden dürfte, wird seine Herstellung nur für besondere Zwecke zu empfehlen sein, wo die Genauigkeit von fünf Stellen nicht genügen würde.

Referate.

Phototheodolite nach Pulfrich. I. Feld-Phototheodolit. Neue Meßlatte für den Feld-Phototheodoliten. Neuer, leicht transportabler Stereokomparator, Modell D, für topographische Vermessungsarbeiten.

Nach drei Prospekten (Meſs. 145, 158, 140) von C. Zeiſs in Jena. 1906.

Das Pulfrichsche Stahlmeßrohr als Distanzmeßlatte in seiner Anwendung bei stereophotogrammetrischen Aufnahmen.

Von S. Truck. *Zeitschr. f. Vermess.* **36.** *S. 470. 1907.*

Was die neue Art der Photogrammetrie, insbesondere Phototopographie, anstrebt und leistet, ist hier als bekannt vorauszusetzen, da der Haupturheber dieser neuen Messungsmethode, C. Pulfrich, der namentlich zweckmäßige *Instrumente* zu ihrer Anwendung konstruiert hat, in dieser Zeitschrift selbst mehrere Aufsätze über Messungsmethoden und Instrumente veröffentlicht hat. Die älteren und das neue phototopographische Verfahren lassen sich bezeichnen jene als Photogrammetrie durch Vorwärtseinschneiden, dem Meßtischverfahren ziemlich genau entsprechend und nur Punkt für Punkt liefernd, dieses als Parallaxen-Photogrammetrie (Stereophototopographie), beliebig viele Punkte auf einmal bestimmend und im wesentlichen an einem der Natur genau entsprechenden optischen (stereoskopischen) Modell arbeitend.

Von den drei oben genannten Prospekten der Firma C. Zeiß in Jena beschreibt der erste („Meß. 145") eingehend einen neuen Phototheodolit für den Feldgebrauch, der mit allen Hülfseinrichtungen für die Stereophototopographie versehen ist. In Verbindung mit dem im dritten Prospekt erwähnten Stereokomparator gestattet er, rasche topographische Aufnahmen auszuführen, ohne daß selbstverständlich sein Gebrauch für die photogrammetrische Triangulation (ältere Art der Phototopographie) ausgeschlossen wäre. Der Phototheodolit ist ferner zur gewöhnlichen Winkelmessung eingerichtet und gestattet endlich, mit Hülfe der Meßlatte (2. Prospekt), Entfernungen auf dem Weg der gewöhnlichen Parallaxendistanzmessung zu bestimmen, sodaß auch für größere zusammenhängende Aufnahmen das eine Instrument genügt. Der Feldphototheodolit wird in zwei Größen (A und B) mit den Brenn-

weiten 180 und 127 *mm* des Kameraobjektivs und den Plattengrößen 13 × 18 und 9 × 12 *cm* gebaut; das größere Modell ist besonders für topographische Landesaufnahmen, das kleinere für Ingenieure und Forschungsreisende bestimmt. Das erste Instrument kostet mit allen Nebenapparaten (und mit *zwei* Dreifüßen auf zwei Stativen) rd. 3000 M. (mit *drei* Dreifüßen auf drei Stativen 3300, mit *vier* Dreifüßen auf vier Stativen 3500 M.), das zweite etwas kleinere

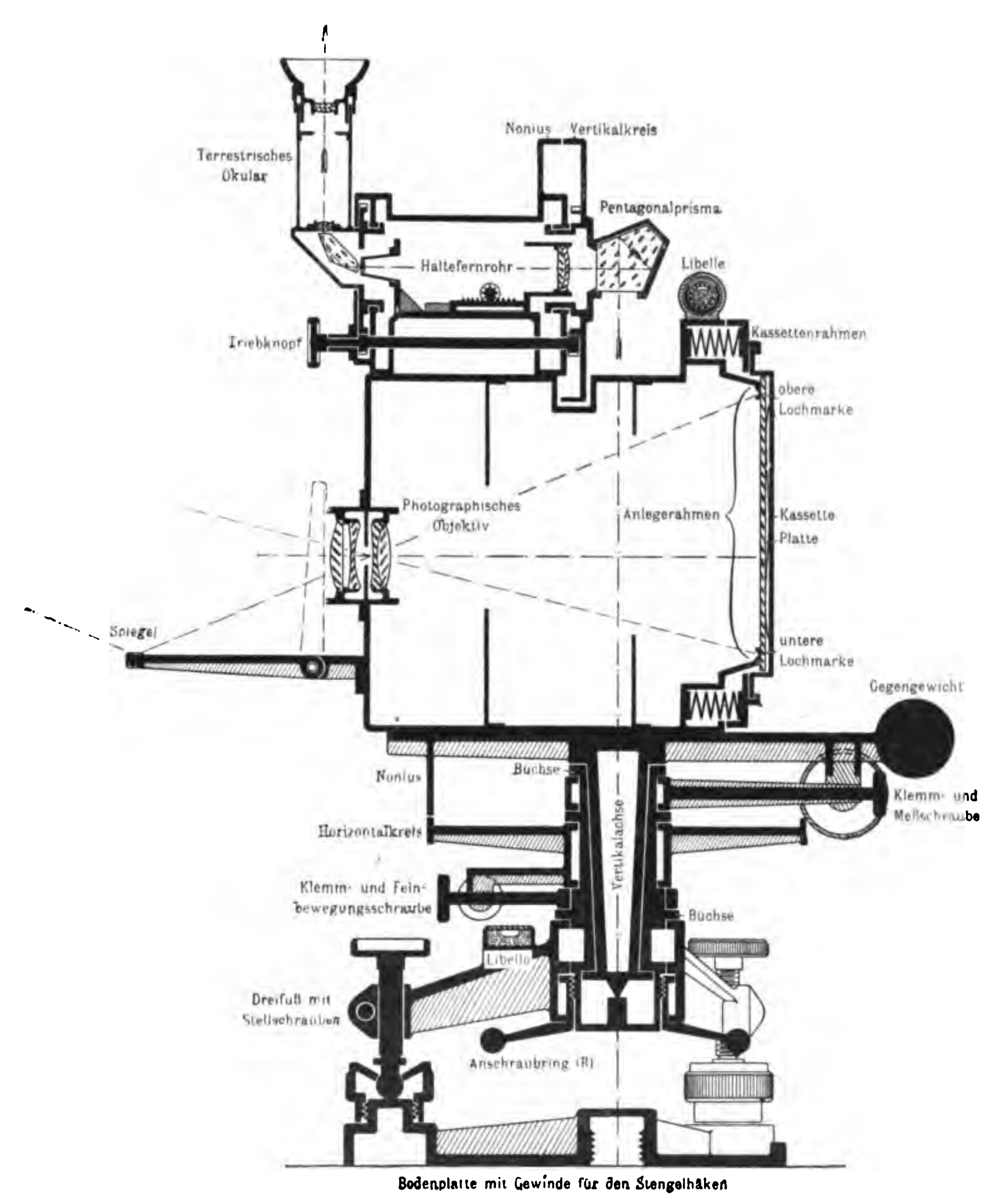


Fig. 1.
Vertikalschnitt durch den Phototheodoliten in schematischer Darstellung.

Modell B (mit Magnetnadel und mit Handlupe für die Teilkreislesungen, während bei A die Lupen am Instrument befestigt sind) 2700 M. (oder mit drei oder vier Dreifüßen auf ebensoviel Stativen 3000 und 3200 M.). Für die stereophotogrammetrische Aufnahme von *in Bewegung befindlichen* Gegenständen sind außerdem Zubehörteile erforderlich, von denen der wichtigste ein mit dem ersten völlig identischer zweiter Phototheodolit ist, und deren Preise für die Modelle A und B im ganzen rd. 3000 und 2650 M. betragen.

Der Theodolit-Prospekt zählt die Anwendungsgebiete und die Vorzüge der stereophotogrammetrischen Methode nochmals auf, wie auch dankenswerterweise die Literatur seit August 1903 (Stereokomparator-Prospekt 83) bis Mai 1906 aufgenommen ist. Der genauen Beschreibung des Instruments ist ferner eine Notiz über die Anforderungen vorausgeschickt, die die stereophotogrammetrische Methode an einen Phototheodolit stellt, und denen die seitherigen Instrumente meist nicht genügten. Während bei der bisherigen „Bildmeßkunst“ die den Bildern zu entnehmenden Strecken mit dem Zirkel aus Papierkopien abgestochen wurden, verlangt die neue Methode die Messung mit Hülfe von Mikroskopen an den Platten selbst; die Differenz der Abszissenwerte eines Bildpunkts, die Parallaxe, die vor allem für die Entfernungsbestimmung in Betracht kommt, ist direkt und mit einem zulässigen Fehler von nicht über 0,01 *mm* zu entnehmen, wodurch die Genauigkeit den seitherigen Methoden gegenüber auf das 10-fache gesteigert wird. Ferner war mit den bisherigen Phototheodoliten die *Grundbedingung* der Stereophotogrammetrie: die zwei Bildplatten genau in derselben Ebene, nur grob genähert zu erfüllen (1′ bis 2′), während sie jetzt auf 10″ gewährleistet werden kann.

Der neue Theodolit (Fig. 1) besteht aus folgenden drei Teilen, die in fester, berichtigter Lage zueinander sich befinden, sodaß an dem Instrument alle Korrektionsschrauben unterdrückt sind: der in den Dreifuß steckbaren Büchse mit dem Horizontalkreis, der mit der Umdrehungsachse fest verbundenen Kamera, endlich dem Fernrohr mit dem Höhenkreis. Die zwei Kreise gestatten 1′ Ablesung (¹/₂′ Schätzung). Das Kameragehäuse ist ein einziges Gußstück aus Leichtmetall, mit dem das Objektiv und der Anlegerahmen für die Platte fest verbunden sind. Die optische Achse des Objektivs steht auf der Ebene des Anlegerahmens ein für allemal senkrecht, und diese liegt parallel der Umdrehungsachse. Die neuen Marken für die Hauptvertikale im Anlegerahmen sind, statt der frühern Spitzen oder Kerben, Punktmarken von 0,15 *mm* Durchmesser, deren Verbindungslinie der Umdrehungsachse parallel liegt und die optische Achse des Objektivs in einem Punkt schneidet, dessen Abstand von der untern (im Bild obern) Marke in *mm* (bis auf 0,01 *mm*) am Anschlagrahmen angeschrieben ist. Bei der Aufnahme geschieht die Beleuchtung der untern Lochmarke durch den freien Himmel, die der obern durch einen kleinen Spiegel durch das Objektiv hindurch. Die Umdrehungsachse des ganzen Instruments, die optische Achse des Kameraobjektivs und der Plattenhorizont sind ein für allemal in die Lage eines festen rechtwinkligen Koordinatensystems gebracht, das nur noch mit Hülfe der 10″-Libelle auf der Kamera horizontiert zu werden braucht.

Das auf der Kamera befindliche Visierfernrohr ist zweimal gebrochen und hat bei Modell A 15-, bei B 10-fache Vergrößerung. Das eigentliche Fernrohr besteht aus einem fest mit der Kamera verbundenen Glasstrichkreuz und einem in der Richtung der Achse verschiebbaren Objektiv. Die Ziellinie ist der optischen Achse des Kameraobjektivs genau parallel. Vor dem Fernrohrobjektiv und über der Umdrehungsachse des Instruments sitzt ein Pentagonprisma von 90° Ablenkung, das sich zugleich mit dem dem Strichkreuz vorgesetzten, zweimal gebrochenen terrestrischen Okular um die optische Achse des Fernrohrs dreht. An dieser Drehung nehmen aber das Strichkreuz und das Objektiv des Fernrohrs nicht teil; alle durch das Fernrohr angezielten Punkte liegen in der senkrecht zur optischen Achse der Kamera durch die Umdrehungsachse des Phototheodolits gehenden Vertikalebene. Sobald also, nach Horizontierung des Phototheodolits, das Fadenkreuz des Fernrohrs auf die Visierspitze am zweiten Endpunkt der Basisstrecke eingestellt wird, ist die Bedingung, daß die Platten in derselben Ebene liegen, ohne weiteres erfüllt und bis zum letzten Augenblick vor der Aufnahme einer Revision zugänglich.

Was die Messung der *Standlinie* betrifft, in deren Endpunkten die zwei Aufstellungen des Phototheodolits zu machen sind, so verlangt Pulfrich dafür eine Genauigkeit von ¹/₁₀₀₀. Er benutzt eine Mikrometermessung, indem die Schraube zur Feindrehung des Phototheodolits zur Meßschraube gemacht ist (Trommel 100 Teile) und in Verbindung mit dieser Schraube am jenseitigen Endpunkt der Basis eine horizontale Latte verwendet wird, früher

ein in *cm* zerlegter 1 *m*-Stab aus Holz mit Metallstreifen, neuerdings aber ein *Stahlrohr* (zweiter der genannten Prospekte, „Meß. 158“), mit vier ringförmigen Schneiden versehen, die als Zielmarken dienen. Das Rohr besteht aus in einanderschiebbaren Stücken; die zwei innern Schneiden am mittlern der drei Rohre haben den Abstand 1 *m*, die zwei äußern Schneiden bieten nach Auszug der zwei andern Rohre den Abstand 3 *m* für Mikrometermessung größerer Distanzen. Statt des bisherigen Diopters ist an der neuen Horizontallatte, dicht unter dem Lager, ein schwaches Zielfernrohr angebracht. Der Preis der „neuen Meßlatte“ für den Feldphototheodolit ist rd. 200 M.

Auf diese „neue Meßlatte“ beziehen sich einige Genauigkeitsversuche, über die S. Truck in dem oben angegebenen Aufsatz berichtet. Truck hat fünf Standlinien zwischen

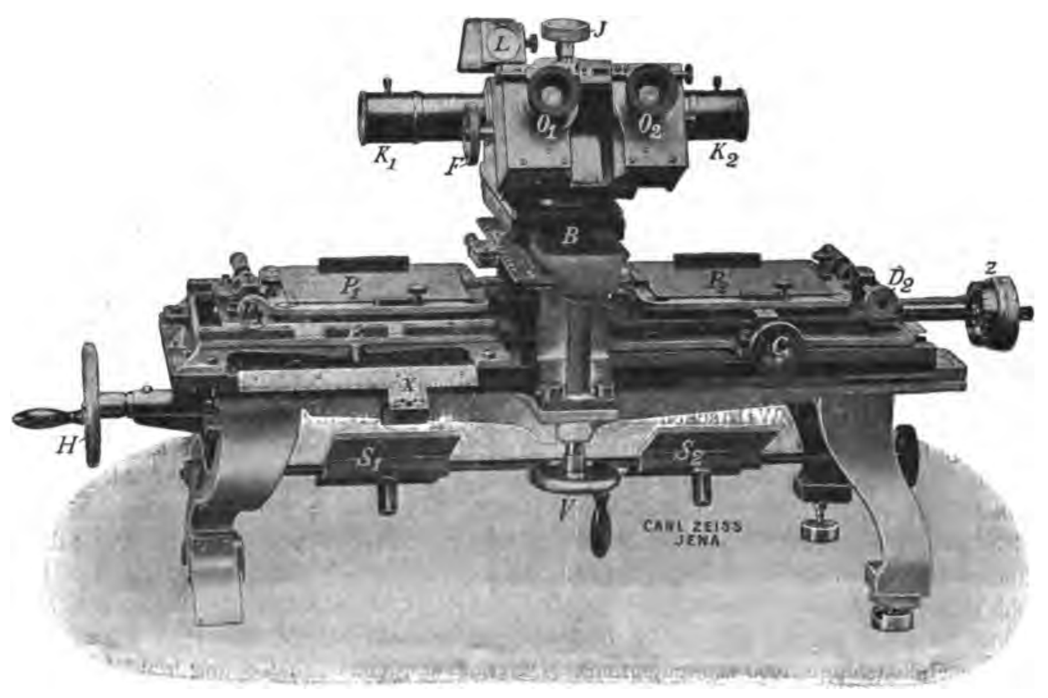


Fig. 2 ($^1/_5$ nat. Gr.). **Stereokomparator, Modell D.**

A Hauptschlitten in Richtung des Plattenhorizonts (Kurbel *H*); *B* Hauptschlitten in Richtung der Plattenvertikale (Kurbel *V*); *C* Stellschraube zum Ausgleich der Höhendifferenz beider Bilder; D_1 D_2 Stellschrauben zum Ausrichten der Platten P_1 P_2; *E* Riegel zum Festklemmen des Schlittens für Platte P_1; S_1 S_2 Beleuchtungsspiegel; *x y* Abszissen- bezw. Ordinaten-Maßstab mit verstellbarem Nonius; *z* Mikrometerschraube mit verstellbarem Nonius zum Messen der Parallaxe.

28,4 und 66,4 *m* Länge (größere Längen der Standlinie werden für Ingenieurzwecke selten in Betracht kommen können) mit Hülfe der Schraube eines Instruments B und des neuen „Stahlmeßrohrs“ gemessen und findet als Unterschiede dieser mikrometrischen (Doppel-) Messung und der direkten Stahlbandmessung in allen fünf Fällen Beträge von nur 1 bis 2 *cm*, relativ zwischen $^1/_{2100}$ und $^1/_{6600}$, sodaß die Genauigkeitsforderung $^1/_{1000}$ mehr als hinreichend erfüllt ist.

Weiter finden sich in dem Phototheodolit-Prospekt „Meß. 145“ noch Notizen über die Benutzung von drei oder vier Stativen statt zweier, endlich über die Ermittlung von Veränderungen an entfernten Gegenständen.

Der dritte der oben genannten Prospekte („Meß. 140“) gibt nur eine ganz kurze Notiz über ein neues, leicht transportables Modell (D) des Stereokomparators (Fig. 2), als Fortsetzung der ausführlichern Mitteilungen der Prospekte „Meß. 83“ und „Meß. 136“ über den Stereokomparator. Der neue Apparat (Preis 2200 M.) ist besonders zur Ausmessung der mit dem neuen Phototheodolit B (s. oben, $f = 127$ *mm*, Platten 9×12 *cm*) gemachten Aufnahmen be-

stimmt, zum Zweck bequemen Transports in zwei Teile zerlegbar und kann auf Expeditionen, bei Eisenbahnvorarbeiten im Gebirge, bei Messungen zu militärischen Zwecken ins Feld mitgenommen werden. Von den frühern Modellen A, B, C des Stereokomparators unterscheidet sich das neue im wesentlichen nur durch die horizontale Lage der beiden Bildflächen und der Schlittenführungen.

Es ist kein Zweifel, daß Pulfrich durch die oben kurz skizzierten neuen Einrichtungen der Parallaxen-Phototopographie abermals zu einem wichtigen Schritt vorwärts verholfen hat.

Hammer.

Der Niehans-Kernsche Rechenschieber zur Reduktion präzisionstachymetrischer Entfernungsbestimmungen.

Nach dem Instrument.

Durch die Gefälligkeit des Hrn. Kantonsgeometers Röthlisberger in Bern ist es dem Ref. ermöglicht worden, die Einrichtung des Niehansschen Rechenschiebers (vgl. *diese Zeitschr.* **27.** *S. 222. 1907*) kennen zu lernen und die erreichbare Genauigkeit zu erproben. Gleichzeitig standen dem Ref., was hier gleich beigefügt sein mag, die Originalzeichnungen und Notizen von Hrn. Geometer Niehans zu seinem Präzisionsauftrageapparat für Kleinpunkte, die nach Polarkoordinaten gemessen sind, sowie zu seinem Schieber für die Berechnung der rechtwinkligen Koordinaten der präzisionstachymetrisch festgelegten Polygonpunkte zur Verfügung. Es sei hierdurch angeregt, daß auch über diese zwei, gleichfalls von Kern in Aarau ausgeführten Instrumente Beschreibung und Abbildung veröffentlicht werden.

Der zuerst genannte „Tachymeterschieber" soll für die Präzisionstachymetrie dasselbe leisten, was durch den Wildschen und viele neuere Schieber für die topographische Tachymetrie geboten wird; wenigstens in Beziehung auf die Berechnung der horizontalen Entfernungen (nicht auch der Höhenunterschiede). Das Instrument ist ein Metallschieber von äußerlich 34 *cm* Länge bei 53 *mm* Breite, mit zwei Zungen und mit über die ganze Stabbreite reichendem Glasläufer. Der Stab ist in einem hölzernen Etui ($37 \times 10 \times 2^1/_2$ *cm*) mit Füßen zum schrägen Aufstellen *befestigt*. Die Einheit der obern (einmal die ganze Länge des Schiebers einnehmenden) logarithmischen Stabteilung ist 300 *mm*, während das auf der untern Hälfte des Stabs aufgetragene Stück 50 bis 200 einer zweiten logarithmischen Teilung der Teilungseinheitslänge 1000 *mm* entspricht. Die zur erstgenannten Teilung gehörige $\cos^2$-Teilung der obern Zunge umfaßt die Winkel 0^g bis 65^g, die zur zweiten gehörige $\cos^2$-Teilung der untern Zunge die Winkel 0^g bis 49^g. Diese Teilungen sind alle zweimal aufgetragen, derart, daß die zweite Auftragung gegen die erste um die halbe Länge der ganzen Stabteilung versetzt ist; man kann damit die ganze Stablänge als Einheit benutzen. Zur Ablesung der Horizontaldistanz e aus E und α, $e = E \cos^2 \alpha$, wird in erster Linie die 100 *cm*-Teilung benutzt, soweit sie ausreicht, sonst benutzt man die 30 *cm*-Teilung; ist E für die 100 *cm*-Teilung zu klein, α aber nicht über 49^g, so kann man, um doch die größere Teilung verwenden zu können, an dieser $2E$ einstellen und die Ablesung $2e$ halbieren. Auf beiden Zungen ist neben den $\cos^2 \alpha$-Teilungen der nötige Raum zum Anbringen von Einstellstrichen für die verschiedenen Werte der Hauptkonstanten k der entfernungsmessenden Fernrohre vorhanden; an dem dem Ref. vorliegenden Exemplar des Schiebers sind z. B. die Strichmarken für $k = 80{,}02$, eine der bei Kandergrund verwendeten Konstanten, aufgeklebt. Der Glasläufer hat nur einen obern und untern, nicht auch seitliche Metallrahmen, sodaß er von der Teilung nichts verdeckt. Zur Kontrolle der richtigen Stellung des Indexstrichs auf dem Läuferglas sind oben und unten am Stab, außerhalb der Teilungen, besondere Strichmarken. Von den zwei Zungen zeigt, um den Schieber auch allgemeiner verwendbar zu machen, die Rückseite der einen eine Wiederholung der logarithmischen Grundteilung für die Einheit 30 *cm*, die Rückseite der zweiten eine *Tangens*-Teilung für dieselbe Längeneinheit. Eine Verbesserung der Anordnung des Schiebers bei einer künftigen Ausführung wäre dadurch möglich, daß das Stück 141 bis 200 der untern 100 *cm*-Stabteilung weggelassen und

dafür das Stück 71 bis 100 an seinen Platz gerückt würde. Damit könnte die Teilung von 50 bis etwa 35 herunter fortgesetzt werden, womit die 100 *cm*-Teilung für die häufig vorkommenden E zwischen 50 und 70 *m* bequemer verwendbar wird.

Zur Beurteilung der Genauigkeit der Reduktion der E auf die Horizontaldistanzen e mit Hülfe dieses Schiebers hat Hr. Röthlisberger dem Ref. noch eine Tabelle mitgeschickt, die 100 beliebig herausgegriffene Entfernungen auf der Flur C in Kandergrund enthält, wie sie mit dem Rechenschieber reduziert worden sind, daneben die Nachrechnung mit Hülfe der Tafel von Clouth und einer Rechenmaschine. Der mittlere Fehler einer Reduktion ergibt sich zu 1,5 *cm*, was bei dem Durchschnitt 90 *m* der Werte E dem bereits *a. a. O.* angegebenen Verhältnis $^1/_{6000}$ entspricht. Ich habe durch 50 eigne Versuche, bei nicht allzu großen Höhenwinkeln (alle $< 49^g$; es ist durchaus die 100 *cm*-Teilung verwendet), diese Zahl bestätigt gefunden ($\pm\,^1/_{5700}$).

Dieser „Rechenschieber des Kantonalen Vermessungsbureaus Bern" wurde nach der Zeichnung von Niehans vom Mechaniker Bischhausen in Bern bis auf die Teilungen hergestellt; diese sind von Kern & Co. in Aarau ausgeführt, sodaß der Name Niehans-Kernscher Präzisions-Tachymeterreduktor passend wäre. Der Preis war 102 Fr.

Hammer.

Beilschneiden-Integrometer.

Von Jacob. *Compt. rend.* **144.** *S. 898. 1907.*

Das Prytzsche Beilschneidenplanimeter besteht bekanntlich (s. *diese Zeitschr.* **15.** *S. 90. 1895*) aus einer Schneide und einem Stift, die beide an einer Stange senkrecht befestigt sind, und dient, wie Hr. Prytz angegeben hat, zur Quadratur geschlossener Flächen. Der Verf. der vorliegenden Notiz zeigt, wie man es zum Integrieren gewisser Differentialgleichungen der Form

$$\varrho \cdot \frac{du}{dt} = A u^2 + B u + C$$

benutzen kann, wo A, B, C Funktionen der unabhängigen Variablen t, dagegen ϱ eine lineare Funktion von u bedeuten. Es sei nämlich ϱ der Abstand zwischen Spitze und Schneide, den der Verf. übrigens durch eine Schlittenführung längs der Stange variabel macht, so ist, falls die Spitze eine gegebene Kurve (Direktrix) $x = x(t)$, $y = y(t)$ durchläuft,

$$\varrho\, d\omega = \sin\omega\, dx - \cos\omega\, dy\,,$$

unter ω den Winkel der Stange mit der x-Achse verstanden; für $u = \operatorname{tg}(\omega/2)$ wird eine Gleichung der obigen Form erhalten. Wenn ϱ konstant, also die Differentialgleichung eine Riccatische ist, gestattet der Apparat, zu jedem Wert von t einen zugehörigen Winkel ω direkt abzulesen, also auch einen zugehörigen Integralwert u. Die Anfangswerte können beliebig fixiert werden. Wenn aber $\varrho = \text{konst} \cdot u$ ist (Abelsche Differentialgleichung), so ist noch eine Kulissenführung hinzuzunehmen. Hierüber werden jedoch nur Andeutungen gemacht, eine vollständige Arbeit aber in Aussicht gestellt, die auch Anwendungen (hauptsächlich ballistischer Natur) bringen soll.

Rt.

Über kurze akustische Wellen bei Funkenentladungen von Kondensatoren.

Von W. Altberg. *Ann. d. Physik* **23.** *S. 267. 1907.*

Bei Funkenentladungen großer Leidener Flaschen durch große Selbstinduktionskreise kann man, wie Rosický und Lodge gezeigt haben, so langsame elektrische Schwingungen erhalten, daß die periodischen Erwärmungen der Funkenstrecke als Schallschwingungen von bestimmter Tonhöhe wahrgenommen werden können. Der Verf. hat diese Methode eingehend untersucht, um ihre Brauchbarkeit zur Erzeugung sehr kurzer Schallwellen (bis zu 1 *mm*) zu prüfen. Theoretisch hängt die Wellenlänge, wenn v die Schallgeschwindigkeit ist, mit der Kapazität C und der Selbstinduktion L des elektrischen Kreises durch die Gleichung zusammen

$$\lambda = \pi v \sqrt{L \cdot C}.$$

Experimentell bestimmte Altberg dieselbe mit Benutzung von Diffraktionsgittern aus Glas- oder Stahlstäben in folgender Anordnung. Von der Funkenstrecke F (Fig. 1) des Kondensatorkreises ging ein akustisches Strahlenbündel aus; dasselbe wurde durch den Hohlspiegel S_1 parallel gemacht, durch das Diffraktionsgitter G gebeugt und von dem zweiten Hohlspiegel S_2 auf den zum Nachweis der akustischen Wellen dienenden Druckapparat D konzentriert. Der Druckapparat bestand aus einem an einem dünnen Quarzfaden aufgehängten leichten Wagebalken, an welchem ein vertikaler, den akustischen Wellen ausgesetzter Glimmerstreifen G (Fig. 2) von der Größe 4×12 *mm*, ein Gegengewicht C und ein Ablesespiegel S befestigt waren. Die verschiedenen bei der Untersuchung benutzten Diffraktionsgitter waren aus Glas- bezw. Stahlstäben so hergestellt, daß der Abstand zweier Stäbe ihrer Dicke gleich war; ihre Fläche betrug etwa 9×9 *cm*.

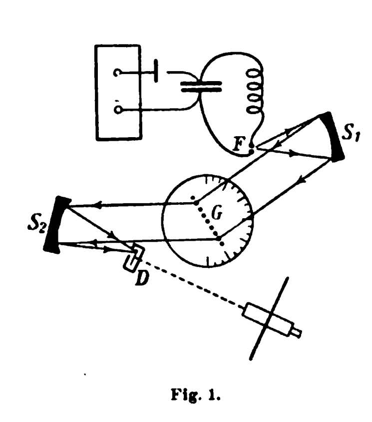


Fig. 1.

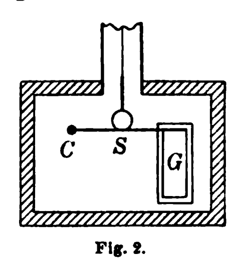


Fig. 2.

Zunächst wurde nun nachgewiesen, daß innerhalb der Beobachtungsfehler die Messung mit verschiedenen Gittern (Gitterkonstante zwischen 11,8 und 4,1 *mm*) dieselbe Wellenlänge der Schallschwingung ergab. Dann wurde durch Veränderung der Selbstinduktion und Kapazität die obige Gleichung geprüft und gezeigt, daß die bei dieser Anordnung auftretende, scharf ausgeprägte akustische Schwingung bis zur Wellenlänge $\lambda = 2$ *mm* herab aus der Gleichung berechnet werden kann.

Die kürzeste Wellenlänge, welche noch sicher gemessen werden konnte, betrug $\lambda = 1{,}0$ *mm*, die Hälfte der bisher bekannten kürzesten akustischen Schwingung.

S. V.

Akustische Notizen.

Von Lord Rayleigh. *Phil. Mag.* **13.** *S. 316. 1907.*

1. Es handelt sich darum, zwei einfache Töne gleicher Höhe und Stärke zu erzeugen, die sich nur durch die Phase ihrer Schwingung unterscheiden. Man erhält sie durch die induzierende Wirkung eines rotierenden Magneten (Drehachse senkrecht zur magnetischen Achse) auf zwei gleiche Telephonkreise, deren zu induzierende Spulen radial zur Drehachse gerichtet und bis nahe an den rotierenden Magneten herangeführt sind. Die eine Spule ist fest, die andere kann um die genannte Achse gedreht werden. Der Abstand der Spulen vom Magneten reguliert die Tonstärke. Der Winkel zwischen den Spulenachsen gibt bei symmetrischer Verbindung der Spulenenden mit den Telephonen den Phasenunterschied der induzierten Wechselströme bezw. den der Telephontöne. Kommutieren *eines* Telephons ändert die Phasendifferenz um 180°. Der Magnet wird in Rotation gehalten durch eine mit Preßluft getriebene, auf der gleichen Achse sitzende Turbine. Etwa 50 *mm* Wasserdruck geben 190 Umdrehungen in der Sekunde, entsprechend dem Tone *g* in den Telephonen.

Mit dieser Vorrichtung gelang es Lord Rayleigh, seine früheren Versuche[1]) zu bestätigen, wonach eine Phasendifferenz, unter der die beiden menschlichen Ohren einen und denselben tiefen Ton wahrnehmen, den Eindruck einer bestimmten Richtung der Schallquelle hervorruft. Hierauf beruht nach Rayleigh die Möglichkeit, die Richtung eines tiefen einfachen Tones ausfindig zu machen, da der Intensitätsunterschied an beiden Ohren für lange Luftwellen gering ist.

2. Einen Hohlraumresonator, der auf den Grundton und dessen harmonische Obertöne bis zum 7. anspricht, erhält Lord Rayleigh dadurch, daß er dem Hohlraume 8 Schallöffnungen gibt, deren Summe den Raum auf den 7. Oberton einstimmt, während das auf-

[1]) *Phil. Mag.* **13.** *S. 214. 1907.*

einanderfolgende Zudrücken der Öffnungen mit den Fingern die Reihe der tieferen Obertöne gibt. Die zuletzt übrigbleibende Öffnung entspricht dem Grundtone. Fig. 1 zeigt einen von Rayleigh in Metall ausgeführten Resonator von elliptischer Form. *E* dient zur Befestigung einer Schlauchverbindung zum Ohre. Bei einem Hohlraum von 140 *ccm* und beim Offensein des Rohrs *F* (20 *mm* lang, 8 *mm* Durchmesser) besteht Resonanz auf den Grundton von 128 Schw. Das Rohr *F* ersetzt eine kleinere und daher schwerer abstimmbare Wandöffnung. Auch die nächste Öffnung ist durch ein Rohr *L* (53 *mm* lang, 11 *mm* Durchm.) ersetzt, das mit dem linken Daumen verschlossen werden kann. Bei den noch übrigen sechs Öffnungen (5 bis 13 *mm* Durchm.) deutet die Bezeichnung an, welche Finger zum Verschließen dienen.

Die Analyse des Harmoniumtons oder der männlichen Stimme gibt mit diesem Instrument ausgezeichnete Resultate.

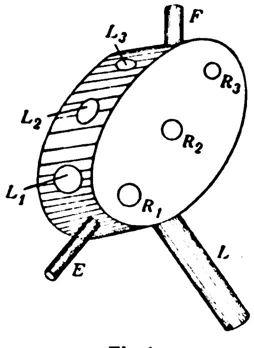
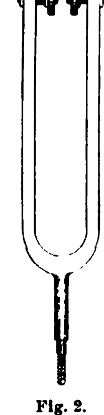


Fig. 1.

3. Sind zwei elektrisch betriebene Stimmgabeln nahe gleicher Frequenz auch nur schwach gekoppelt, sei es durch eine gemeinsame Tischplatte, sei es durch Parallelschaltung der elektrischen Stromkreise, so gelingt es nicht mehr, langsame Schwebungen zu erzeugen. Beide Gabeln stellen sich unisono ein mit einer Phasendifferenz, die von Rayleigh durch Lissajoussche Figuren sichtbar gemacht wurde und nur verschwand, wenn die natürlichen Perioden der Gabeln übereinstimmten. Ist ihr Intervall so groß, daß Schwebungen gerade wieder auftreten, so wird der bekannte Zyklus Lissajousscher Figuren beschrieben, aber mit innerhalb eines Zyklus wechselndem Tempo. Je stärker die Koppelung, um so größer ist das eben genannte Intervall. Stärkere Koppelung erzielte Rayleigh durch Hintereinanderschaltung der Stromkreise oder noch wirksamer durch eine geeignete Verbindung von Baumwollfäden.

Sehr gut gelingen die entsprechenden Versuche mit zwei „singenden Flammen“ (Glasrohre, die durch Wasserstoffflämmchen zum Ansprechen ihrer Eigentöne gebracht werden). Beim Zusammenrücken der Rohrenden sind selbst mäßig langsame Schwebungen ausgeschlossen. Der Ton ist stark geschwächt, woraus folgt, daß die Phasen an beiden Rohrenden nahe entgegengesetzt sind.

4. *Isolierung der Stimmgabelgrundschwingung.* Der Ton einer Stimmgabel wird auf den Resonanzkasten übertragen, indem bei gegenseitiger Annäherung bezw. Entfernung der Zinken der Stiel der Stimmgabel nach außen bezw. innen gedrückt wird. Lord Rayleigh sucht die Bedingungen auf, unter denen die Energieabgabe durch den Stiel möglichst gering wird. Dann wird die Dämpfung der Schwingung sehr klein sein, was für manche Zwecke erwünscht ist.


Fig. 2.

Man denke sich eine Stimmgabel in U-Form mit parallelen Zinken von überall gleicher Dicke frei im Raume schwingend. Für den Schwingungsvorgang kann die träge Masse nahezu in den Enden der Zinken konzentriert gedacht werden. Die Bewegung erfolgt dann so, daß diese Konzentrationspunkte auf ihrer Verbindungsgeraden hin- und herpendeln. Die Amplitude des Stiels wird in diesem Falle die denkbar größte sein. Werden dagegen die Zinken nach innen gebogen, oder sind sie auf der Innenseite besonders belastet, so müssen, damit die Trägheitskonzentrationspunkte auf einer im Raume festen Geraden bleiben, auch die Zinken eine Schwingungskomponente in Richtung des Stiels besitzen, die aber dem Vorzeichen nach der oben erwähnten Schwingung des Stiels entgegengesetzt ist. Es muß also möglich sein, durch Zusammenbiegen der Zinken oder durch Anbringen von Gewichten im Innenraum die Schwingungen übertragende Bewegung des Stiels aufzuheben, d. h. den Grundton zu isolieren.

Die Experimente an einer großen Stimmgabel von 128 Schw. (Fig. 2) ergaben das Erwartete. Der Stiel übertrug bei günstigster Einstellung der Schräubchen nur eine kleine Restschwingung, in der hauptsächlich die Oktave des Grundtons vertreten war. Daß auch

der Grundton nicht ganz isoliert werden kann, erklärt Rayleigh aus Transversalbewegungen des Stiels infolge mangelnder Symmetrie.

5. *Stimmgabelsirene.* Die Metallwand eines Windkastens enthält eine rechteckige Öffnung von etwa 10 *mm* Breite. Sie kann nahezu dicht verschlossen werden durch eine 3 *mm* breitere Platte, die, an der Schmalseite einer Stimmgabelzinke befestigt, in ihrer eigenen Ebene vibrieren kann. In der Ruhelage der Platte ist der Windkasten verschlossen, bei beiderseitiger Entfernung aus der Ruhelage wird er geöffnet. Setzt man daher die Stimmgabel elektromagnetisch in Bewegung, so wirkt der Apparat wie eine Sirene, deren Ton eine Oktave höher ist als der Stimmgabelton. Ein Resonanzrohr dient zur Verstärkung. Unerwartet war, daß die in Schwingung versetzte Stimmgabel auch durch den Winddruck allein im Gang erhalten wurde, obwohl dieser senkrecht zur Bewegung wirkte. Die mechanische Erklärung hierfür steht noch aus.

6. Eine Kombination des phonischen Rades mit einer Unterbrechervorrichtung, wie sie zur absoluten Bestimmung von Kondensatorkapazitäten angewendet wird und z. B. in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 325. 1906* von Kurlbaum und Jaeger beschrieben wurde, bildet den letzten Gegenstand der Mitteilung. Dadurch, daß die Unterbrechertrommel auf der Achse des phonischen Rades sitzt, ist eine außerordentliche Konstanz der Umdrehung erreichbar. Die Schwierigkeiten liegen in den Federkontakten, die nur geringe Reibung haben dürfen und regulierbar gemacht werden müssen. Reicht die Kraft des vom Stimmgabelunterbrecher gespeisten Elektromagneten nicht aus, das Rad in Bewegung zu erhalten, so kann zur Unterstützung ein kleiner Motor mit der Achse gekoppelt werden, dessen Gang dann vom phonischen Rade nur reguliert wird. *Grüneisen.*

Über die adiabatische Bestimmung der Verbrennungswärmen organischer Substanzen, insbesondere von Zucker und Benzol.

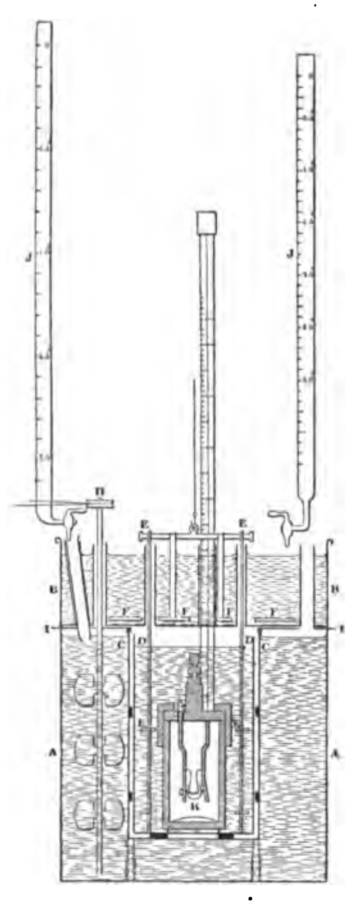
Von Th. W. Richards, L. J. Henderson und H. L. Frevert. *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **59.** *S. 532. 1907; Proc. of the Amer. Acad. of Arts and Sciences 1907.*

Nach einer bereits früher von Richards, Henderson und Forbes (*Zeitschr. f. physikal. Chem.* **52.** *S. 551. 1905*) beschriebenen kalorimetrischen Methode sind von den Verf. die Verbrennungswärmen von Zucker und Benzol (in relativem Maße) bestimmt worden, um die Zuverlässigkeit der Methode zu prüfen. Die beiden Stoffe, von denen der eine einen Repräsentanten fester Körper, der andere einen solchen flüchtiger Stoffe darbietet, sind gewählt worden, weil sie leicht im Zustand großer Reinheit erhalten werden können und auch schon von anderen Forschern sorgfältig untersucht worden sind.

Das Prinzip der Methode besteht darin, daß man die Temperatur des das eigentliche Kalorimeter umgebenden Flüssigkeitsmantels sich in demselben Maße ändern läßt wie die Temperatur des Kalorimeters selbst. Auf diese Weise wird es erreicht, daß zwischen dem Kalorimeter und seiner Umgebung während des langen Versuchs kein Wärmeaustausch stattfindet, sodaß also auch keine Korrektion für diese Größe nötig wird. Die Regulierung der Außentemperatur wird im vorliegenden Fall durch die Neutralisation einer Base mittels einer Säure bewirkt, die man dem Kalorimeter mit entsprechender Geschwindigkeit zufließen läßt.

In der einen Vertikalschnitt darstellenden Figur bedeutet D das eigentliche, aus Silberblech bestehende Kalorimeter von 1387 *g* Gewicht und etwa 4430 *ccm* Inhalt, das mit einer abgemessenen Menge Wasser gefüllt wird, und in dem sich die Verbrennungsbombe K befindet. Der äußere, die alkalische Lösung enthaltende Mantel ist aus gut verlötetem Kupferblech gefertigt und umgibt das Kalorimeter allseitig. Er besteht aus einem unteren Teil A und dem oben offenen Deckelgefäß B, das in gleicher Weise temperiert wird wie der untere Mantel. Die Innenwandung C des unteren Mantels ist nickelplattiert; oben ist das untere Gefäß abgeschlossen durch einen übergreifenden, gut schließenden Deckel I, der das Überspritzen von Salzlösung in das Kalorimeter verhindern soll. Zur Einfüllung der Säure in die Mantelgefäße dienen die beiden Büretten J, die durch einen Vorversuch in Grad ge-

eicht worden sind, sodaß während der Messung die Regulierung der Außentemperatur gemäß der im Kalorimeter abgelesenen Temperatur leicht erfolgen kann. Sehr wesentlich ist es natürlich, daß die Flüssigkeiten gut durchgerührt werden. Für das eigentliche Kalorimeter dient hierzu der auf- und abgehende Rührer *E* aus Argentan, der mit dem Rührer *F* des Deckelgefäßes starr verbunden ist. Ferner befindet sich im unteren Mantelgefäß an der Stelle, wo die Säure aus der Bürette zu der Lauge gelangt, ein Flügelrührer *H*. Die Verbrennungsbombe ist innen stark mit Platin belegt; außerdem wurde, um jede Oxydation auszuschließen, noch die an der Verschraubungsstelle unvermeidliche Bleidichtung durch Blattgoldstreifen geschützt.



Auf die Reinigung der untersuchten Substanzen wurde große Sorgfalt verwendet, der benutzte Sauerstoff enthielt etwa noch 3 % Stickstoff, aber kein Chlor. Die Verbrennung des Zuckers erfolgt leicht, wenn derselbe in Pulverform in den Platintiegel gebracht wird, wobei der zur Verbrennung dienende Sauerstoff auf 35 Atm. komprimiert wird. Die Verbrennung des Benzols machte größere Schwierigkeiten, da es vermieden werden muß, daß sich das Benzol vor der Verbrennung teilweise erst in Dampf verwandelt. Die Verf. haben deshalb mit gutem Erfolg das Benzol in dünne Glasröhrchen von 0,7 bis 0,8 *ccm* Inhalt gebracht, die mit kurzen Kapillarstielen versehen und möglichst vollständig gefüllt abgeschmolzen waren. Diese Röhrchen wurden auf 0,25 *g* Zucker im Verbrennungstiegel aufgelegt und platzten bei der Verbrennung desselben, wonach das Benzol direkt, ohne vorher in Dampf überzugehen, und ohne Rückstand verbrennt.

Bei den Versuchen mit Benzol zeigte sich ein Einfluß des Stickstoffgehaltes im Sauerstoff, wie durch künstlichen Zusatz von Stickstoff bis zu 10 % nachgewiesen wurde. Die Gegenwart des Stickstoffes setzt die Verbrennungswärme herunter, während bei der Verbrennung des Zuckers ein solcher Einfluß nicht zu konstatieren ist.

Die Genauigkeit der Messungen ist so groß, wie es bei Anwendung eines Quecksilberthermometers möglich ist; es wurde ein in 0,01° geteiltes Beckmannsches, in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geeichtes Thermometer benutzt, und zwar möglichst bei allen Messungen an demselben Teil der Skale, um zufällige Fehler auszuschließen. Doch wollen die Verf. später zur Erhöhung der Meßgenauigkeit zu Platinwiderstandsthermometern übergehen. Da der Wasserwert des Kalorimeters nicht bestimmt worden ist, so liefern die Versuche nur das Verhältnis der beiden beobachteten Verbrennungswärmen. Vorbehaltlich einer genaueren Bestimmung geben die Verf. an, daß beim Verbrennen des Benzols wenigstens 2,534-mal soviel Wärme erzeugt wird wie bei der Verbrennung eines gleichen Gewichts Zucker. *W. J.*

Verbesserungen am Hüfnerschen Spektrophotometer.

Von F. Twyman. *Phil. Mag.* ***13.*** *S. 481. 1907.*

Das namentlich von Chemikern zur Bestimmung des Absorptionsvermögens viel benutzte Hüfnersche Spektrophotometer gehört bekanntlich zu den Polarisationsphotometern. Der Meßnicol sitzt im Beobachtungsfernrohr. Von derselben Lichtquelle gehen über einander zwei Strahlenbündel aus, von denen zwischen Lichtquelle und Spalt das eine (obere) die zu untersuchende Substanz durchsetzt, das andere (untere) ein Nicolsches Prisma, dessen Polarisationsebene der des Meßnicols in dessen Nullstellung parallel ist. Beide Strahlen-

bündel bilden in der Brennebene des Fernrohrobjektivs zwei über einander liegende Spektra, aus denen durch einen Okularspalt ein Stück herausgeschnitten wird. Durch einen verschiebbaren Rauchglaskeil, den das obere Strahlenbündel durchlaufen muß, wird bewirkt, daß für die Nullstellung des Meßnicols die obere und die untere Hälfte des Gesichtsfeldes gleich hell sind. Daß die beiden Spektra in einer scharfen Linie aneinanderstoßen, wird durch ein von dem Mechaniker Albrecht in Tübingen angegebenes Glasparallelepiped erreicht, das beide Strahlenbündel sich kreuzend durchlaufen müssen, und dessen eine Kante unmittelbar am Spalt liegt, indem sie diesen lotrecht halbiert. Einzelheiten über das Photometer müssen in der Literatur nachgesehen werden (*Zeitschr. f. physikal. Chem.* **3.** *S. 562. 1889,* referiert in *dieser Zeitschr.* **10.** *S. 223. 1890;* G. u. H. Krüß, Kolorimetrie und quantitative Spektralanalyse. Hamburg, L. Voß 1891. *S. 97*).

Die erste Verbesserung, die der Verf. beschreibt, besteht in der Verwendung eines Spektroskops mit „festen Armen", wozu er das in *dieser Zeitschr.* **27.** *S. 274. 1907* dargestellte Prisma (von Pellin und Broca) benutzt. Die Wellenlänge des zur Beobachtung gelangenden Lichtes wird durch Drehen des Prismas verändert und an einer Mikrometerschraube abgelesen.

Der größte Teil der Arbeit beschäftigt sich mit der „Korrektion eines Fehlers, dem Polarisations-Spektrophotometer ausgesetzt sind". Es wird ausführlich auseinandergesetzt, daß ein erheblicher Fehler dadurch entsteht, daß das Licht des oberen Strahlenbündels, wenn es in den Meßnicol tritt, infolge des Durchgangs durch das Dispersionsprisma teilweise polarisiert ist, während es sich wie natürliches Licht verhalten müßte, und daß dieser Fehler freilich zum Teil, aber im allgemeinen nicht ganz, dadurch kompensiert wird, daß das Licht bei dem Durchgang durch den Albrechtschen Glaskörper ebenfalls eine partielle, zu der erstgenannten senkrechte Polarisation erleidet. Dann wird als Abhülfe vorgeschlagen, den Albrechtschen Glaskörper und das Dispersionsprisma aus dem gleichen Glase zu fertigen und auch die Einfallswinkel gleich zu machen, sodaß die Kompensation vollkommen ist.

Dazu ist zu bemerken, daß Hüfner selbst genau diese Konstruktion in der zitierten Abhandlung, also bereits im Jahre 1889, als von Prof. F. Braun vorgeschlagen beschrieben hat (vgl. auch das oben aus dieser Zeitschrift zitierte Referat); man sollte also meinen, daß auch alle im Gebrauch befindlichen Apparate die Konstruktion besitzen. Nach den vom Verf. mitgeteilten Versuchen scheinen aber nicht selten Hüfnersche Photometer vorzukommen, bei denen das Dispersionsprisma und der Albrechtsche Körper aus verschiedenem Glase hergestellt sind, und die dadurch erheblich fehlerhafte Resultate geben können.

Eine weitere Verbesserung des Verf. besteht darin, daß das Photometer auch als Polarimeter verwendbar gemacht ist. Zu dem Zwecke wurde einfach die Entfernung zwischen Fernrohr und Dispersionsprisma so groß gewählt, daß ein Polarisationsrohr zur Aufnahme der drehenden Flüssigkeit dazwischen geschoben werden kann. Außerdem wird eine konstante absorbierende Substanz in das obere Strahlenbüschel gebracht.

Die Beobachtung soll dann so geschehen, daß einmal ohne, dann mit Einschaltung der drehenden Flüssigkeit eingestellt wird. Die Differenz der Ablesungen gibt die Drehung der Polarisationsebene.

Für rohere Bestimmungen mag die Einrichtung genügen. Daß die Einstellung weniger empfindlich ist als der Lippichsche Halbschattenapparat, gibt der Verf. selbst zu. Außerdem werden die Messungen bei der beschriebenen Anordnung sehr durch falsches Licht leiden, d. h. durch diffus zerstreutes Licht von Wellenlängen, die nicht zur Beobachtung kommen sollen. Erfahrungsgemäß verdienen unter den Spektropolarimetern diejenigen den Vorzug, bei denen die vollständige spektrale Zerlegung vor dem Eintritt des Lichtes in die polarimetrischen Teile erfolgt.

Der beschriebene Apparat ist von der Firma Adam Hilger in London ausgeführt worden. *E. Br.*

Photometrischer Vergleich zwischen der Hefnerlampe, der 10 Kerzen-Pentanlampe von Vernon Harcourt und der Carcellampe.

Journ. f. Gasbeleuchtg. u. Wasserversorg. **49.** *S. 559. 1906; The Electrician* **58.** *S. 560. 1906/1907; Bull. de la Soc. intern. des Électr.* **6.** *S. 375. 1906; Journ. f. Gasbeleuchtg. u. Wasserversorg.* **50.** *S. 752. 1907.*

Die internationalen Beschlüsse, welche in den Jahren 1884, 1889 und 1896 bezüglich der Wahl einer internationalen Lichteinheit gefaßt waren, haben eine Einheitlichkeit auf diesem Gebiete nicht herbeigeführt. Denn die Hefnerlampe, welche 1896 in Genf als internationales Lichtmaß angenommen war, ist noch heute als alleiniges Lichtmaß nur in Deutschland in Gebrauch, während in Frankreich gewöhnlich die Carcellampe, in England die englische Kerze und seit 1898 auch die 10 Kerzen-Pentanlampe von Vernon Harcourt, die sog. *Harcourtlampe*, benutzt wird.

Die Internationale Lichtmeßkommission, welche bei Gelegenheit der Pariser Weltausstellung von 1900 von dem ersten internationalen Kongreß von Gasingenieuren gebildet wurde, nahm deshalb bei ihrem ersten Zusammentritt in Zürich im Jahre 1903 die Frage einer internationalen Regelung der Lichteinheiten wieder auf. In der Erkenntnis, daß vorläufig keine Aussicht auf die Einführung einer wirklich allgemein gebräuchlichen Lichteinheit vorhanden sei, beschränkte sich die Lichtmeßkommission darauf, allgemein anzuerkennende Verhältniszahlen zwischen den in den verschiedenen Ländern benutzten Lichteinheiten zu erstreben. Es wurde beschlossen, daß in Deutschland, England und Frankreich vergleichende photometrische Versuche zwischen der Hefnerlampe, der Harcourtlampe und der Carcellampe ausgeführt werden sollten.

Von diesen drei Lampen kann die *Hefnerlampe*[1]) als in Deutschland bekannt angesehen werden. Die *Harcourtlampe* besteht aus einem Argandbrenner Suggscher Konstruktion und wird mit Pentanluftgas gespeist, das dadurch gewonnen wird, daß die Luft einen mit Pentan gefüllten und mit einer Reihe von Kammern versehenen, oberhalb des Brenners befindlichen Behälter durchstreicht und sich hierbei mit Pentandämpfen karburiert. Der Behälter wird mit dem Brenner durch einen Gummischlauch verbunden. Ein 47 *mm* über dem Brenner angebrachter Metallschornstein erzeugt einen kräftigen Luftzug und blendet den oberen Teil der Flamme ab. Die innere Verbrennungsluft wird vorgewärmt. Der Schornstein besitzt ein Beobachtungsfenster, welches ungefähr in der Mitte eine horizontale Marke trägt. Die Flamme ist so einzuregulieren, daß sich ihre Spitze in der Mitte zwischen dem unteren Rande des Beobachtungsfensters und dessen horizontaler Marke befindet. Gemessen wird die Lichtstärke des unterhalb des unteren Randes des Schornsteines liegenden Flammenteils. Es darf nur solches Pentan verwendet werden, welches nach den Anweisungen der *Gas Referees* zu London hergestellt ist und den Prüfungsvorschriften dieser Körperschaft genügt. Die *Carcellampe* ist eine einfache Modifikation der von Argand gegen Ende des 18. Jahrhunderts konstruierten Rundbrennerlampe mit doppeltem Luftzuge. Sie wird mit gereinigtem Colzaöl (Sommerrapsöl) gespeist, welches aus einem im Fuße der Lampe befindlichen Behälter mittels einer durch ein Uhrwerk angetriebenen Pumpvorrichtung im Überschuß zum Brenner emporgeführt wird. Entsprechend den Erfahrungen von Laporte ist die Lampe etwa 30 Minuten nach dem Anzünden so einzuregulieren, daß der Docht etwa 7 *mm* aus dem Brenner hervorragt, und die Einschnürung des in der Höhe verstellbaren Zylinders 7 *mm* oberhalb der Oberkante des Dochtes liegt. Alsdann beträgt der stündliche Verbrauch an Brennstoff meistens zwischen 42 und 45 *g*. Als normal gilt die Lichtstärke bei einem stündlichen Verbrauche von 42 *g*. Liegt dieser zwischen 39 und 45 *g*, so wird die Lichtstärke dem Verbrauch proportional gesetzt. Wird der Ölverbrauch kleiner als 39 *g* oder größer als 45 *g*, so ist die Messung zu verwerfen.

Es zeigte sich, daß die Harcourtlampe und, soweit sich bei den beträchtlichen Lichtstärkenschwankungen erkennen läßt, auch die Carcellampe in der gleichen Weise wie die

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **13.** *S. 257. 1893.*

Hefnerlampe von der Luftfeuchtigkeit beeinflußt wird, und zwar entspricht einer Zunahme der Feuchtigkeit (d. i. der Anzahl Liter Wasserdampf auf 1 *cbm* trockene, kohlensäurefreie Luft) um 1 *l* eine Abnahme der Lichtstärke um rund 0,6 %. Wenn der Barometerstand um 10 *mm* steigt, nimmt die Lichtstärke der Hefnerlampe um 0,1%, die der Harcourtlampe um rund 0,7 % zu. Bei der Carcellampe ließen die großen Schwankungen in der Lichtstärke einen solchen Einfluß nicht erkennen.

Gemäß dem oben erwähnten Beschlusse der Internationalen Lichtmeßkommission sind in Deutschland von der Reichsanstalt, in England von dem *National Physical Laboratory* zu Teddington, in Frankreich von dem *Laboratoire central d'Électricité* in Gemeinschaft mit dem *Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers* zu Paris vergleichende Versuche angestellt worden. Die Messungen wurden in der Weise ausgeführt, daß die Lampen mit einer konstanten elektrischen Glühlampe verglichen wurden. Außerdem wurden in Frankreich die Lampen noch direkt, also ohne eine Zwischenlichtquelle, miteinander verglichen; diese Vergleiche sind naturgemäß weniger genau und sollen hier deshalb bei Seite gelassen werden. Es ergab sich

	nach	deutsch.	engl.	franz. Messungen
Harcourt	=	10,9 HK	10,94 HK	10,76 HK
Carcel	=	10,8 HK	10,74 HK	10,76 HK.

Als normal wurde angenommen

für die Hefnerlampe bei allen Messungen: die Luftfeuchtigkeit zu 8,8 *l*, der Barometerstand zu 760 *mm*;

für die Harcourtlampe: die Feuchtigkeit überall zu 10 *l*, der Barometerstand bei den Messungen in Deutschland und England zu 760 *mm*, während in Frankreich in bezug auf diesen eine Festsetzung nicht getroffen wurde;

für die Carcellampe: die Feuchtigkeit in Frankreich zu 10 *l*, während in Deutschland und England nur eine mittlere Feuchtigkeit zugrunde gelegt wurde; von einer Festsetzung eines normalen Barometerstandes wurde überall Abstand genommen.

In den Tagen vom 18. bis 20. Juli d. J. trat die Internationale Lichtmeßkommission zum zweiten Male wieder in Zürich zusammen und nahm auf den Vorschlag einer von ihr gebildeten Subkommission die folgenden Verhältniszahlen an:

Harcourt	=	**$10{,}9_5$** HK
Carcel	=	**$10{,}7_5$** HK
Harcourt	=	**$1{,}02_0$** Carcel.

Als normale Feuchtigkeit wurde hierbei für die Hefnerlampe 8,8 *l* und für die beiden andern Lampen 10 *l* angenommen; als normaler Barometerstand gilt für alle Lampen 760 *mm*. Die Kommission schätzt die Genauigkeit der von ihr festgesetzten Zahlen auf ± 1%.

Auf Grund dieser Zahlen wurde in der Kommission die folgende Tabelle der künftig anzuwendenden Umrechnungsfaktoren aufgestellt.

	Hefner	Harcourt	Carcel
Hefner	1	$0{,}091_5$	$0{,}093_0$
Harcourt . . .	$10{,}9_5$	1	$1{,}02_0$
Carcel	$10{,}7_5$	$0{,}98_0$	1

Aus früheren Versuchen (*diese Zeitschr.* ***13.*** *S. 259. 1893*) hatte sich das Lichtstärkenverhältnis der englischen Kerze (bei 45 *mm* Flammenhöhe) zu der Hefnerlampe, bezogen auf gleiche Luftfeuchtigkeit, zu 1,14 ergeben. Demnach hätte man für die Lichtstärke der Harcourtlampe, welche gleich 10 englischen Kerzen sein sollte, bei einer Feuchtigkeit von 8,8 *l* den Wert 11,4 HK, mithin bei 10 *l* 11,3 HK erwarten dürfen. Mit anderen Worten: Die neue englische, mittels der Harcourtlampe abgeleitete Kerze (die Pentaneinheit nach Patersons Bezeichnung) ist um etwa 3 % kleiner als die alte, durch die Spermacetikerze festgelegte.

E. Lb.

Neue Methode zur Erzeugung der Flammenspektra der Metalle.

Von G. A. Hemsalech und C. de Watteville. *Compt. rend.* **144.** *S. 1338. 1907.*

Einfacher Brenner für Thalliumlicht.

Von H. Kreusler. *Verhandl. der Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **7.** *S. 59. 1905.*

Eine zufällige Beobachtung führte die Verf. der erstgenannten Mitteilung zu einer neuen Methode, die Flammenspektra der Metalle zu erzeugen. Fig. 1 stellt den Brenner dar. Die Elektroden E und E' bestehen aus dem zu untersuchenden Metall; läßt man zwischen ihnen einen kräftigen Flaschenfunken — aber ohne Selbstinduktion — überspringen, so werden die durch den Funken losgerissenen Metallteilchen mit dem Luftstrom in die Gasflamme G gerissen, die dann das Flammenspektrum des betreffenden Metalls gibt. Der Vorzug der Methode besteht in dem sehr geringen Verbrauch an Material, auch bei langdauernden Versuchen.

Auf einem ähnlichen Prinzipe beruht der *Brenner für Thalliumlicht* von H. Kreusler. Die Nachteile des gewöhnlichen Verfahrens, etwas Thalliumsalz am Platindraht in die Bunsen-

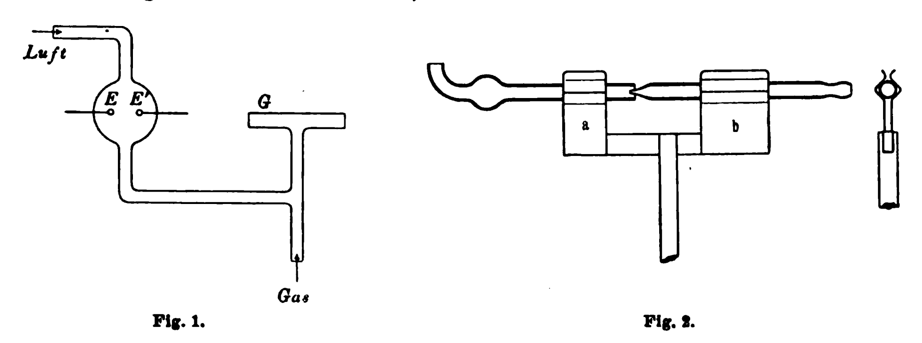


Fig. 1. Fig. 2.

Flamme zu bringen, werden durch diesen Brenner (Fig. 2) vermieden. An dem Querarm eines Messingstativs befinden sich die metallenen Klemmfedern a und b, in denen zwei Glasröhrchen in ihrer Längsrichtung sich verschieben lassen. Das eigentliche Brennerrohr besteht aus strengflüssigem Glase und ist 8 bis 10 *cm* lang und etwa 6 *mm* weit; die Weite der Spitze der in der Feder b befindlichen Düse richtet sich nach dem Gasdrucke und ist leicht auszuprobieren. In die Kugel des Brennerrohres wird etwas Thalliumchlorid gebracht; man erwärmt es mit einer kleinen Heizflamme, nachdem man den Brenner angezündet hat: die Flamme färbt sich intensiv grün und hält sehr lange vor. Will man höhere Temperaturen in der Flamme haben, so kann man statt Leuchtgas den mit Äther oder Benzin gesättigten Luftstrom eines beliebigen Gebläses nehmen. Anstatt Thalliumchlorid kann man auch verschiedene andere flüchtige Metallverbindungen benutzen, wie $PbCl_2$, Cu_2Cl_2, um die Spektra dieser Salze zu erhalten. *L. J.*

Über ein Saitenelektrometer.

Von C. W. Lutz. *Sitzungsber. d. Münch. Akad.* **37.** *S. 61. 1907.*

Das Saitenelektrometer von Lutz ist ähnlich dem von Edelmann-Cremer gebaut (s. *diese Zeitschr.* **27.** *S. 293. 1907*). Zwischen zwei ebenen Platten, deren Abstand reguliert werden kann, ist ein Wollaston-Draht von 10 *cm* Länge und 0,001 *mm* Durchmesser ausgespannt. Die Ablesung erfolgt durch ein Mikroskop mit Okularmaßstab; der Durchmesser des Gesichtsfeldes beträgt 3 *mm*, die Vergrößerung war 30-fach. Das Saitenelektrometer kann ebenso wie das Quadrantelektrometer in verschiedenen Schaltungen gebraucht werden.

a) *Saitenschaltung.* An die Platten werden entgegengesetzt gleiche Hülfspotentiale gelegt, an die Saite die zu messende Spannung. Die Empfindlichkeit wächst natürlich im allgemeinen mit der Höhe der Plattenpotentiale. Man kann aber letztere nur bis zu einem gewissen Betrag steigern, weil darüber hinaus die Saite instabile Einstellungen annimmt.

Andererseits kann die Empfindlichkeit durch Verringerung des Abstandes der Platten von der Saite vergrößert werden. Da aber hierdurch die Grenzspannung für die instabile Lage entsprechend herabgesetzt wird, so ist hierdurch nicht viel gewonnen. Am besten bewährte sich ein Abstand von 10 *mm*.

Die folgende Tabelle enthält die Meßbereiche, in denen mit guter Proportionalität, bei sicherer aperiodischer Einstellung des Fadens, bei 10 *mm* Plattenabstand gearbeitet werden konnte.

Plattenladung	Saitenpotential
± 50 Volt	0,01 bis 0,8 Volt
± 30 „	0,02 „ 3,4 „
± 10 „	0,2 „ 20 „
± 4 „	0,5 „ 75 „

Die Kapazität des Elektrometers betrug nur 5 *cm*.

b) *Plattenschaltung.* Die Saite ist auf hohem Hülfspotential. Eine Platte wird an Erde, die zu messende Spannung an die Platten gelegt. Das Verhalten des Elektrometers in dieser Schaltung ist ähnlich wie bei a).

c) *Doppelschaltung.* Eine Platte ist mit der Saite verbunden, die andere Platte mit dem Gehäuse. Zwischen beide wird die zu messende Spannung gelegt. Durch stärkeres oder schwächeres Spannen der Saite kann man sich verschiedene Meßbereiche verschaffen. Bei der gleichen Saitenspannung und demselben Plattenabstand wie bei den unter a) mitgeteilten Messungen erhielt man für 170 Volt 40 *mm* Ausschlag. Die Kapazität betrug 17,7 *cm*.

d) *Influenzschaltung.* Beide Platten werden geerdet, aber die eine Platte ist so weit wie möglich von der Saite entfernt; die zu messende Spannung wird an die Saite gelegt.

E. O.

Neu erschienene Bücher.

E. Gehrcke, Die Anwendung der Interferenzen in der Spektroskopie und Metrologie. 8°. IX, 160 S. m. 73 Abb. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1906. 5,50 M.; geb. in Leinw. 6,20 M.

Das Buch bildet das 17. Heft der Viewegschen Sammlung von Monographien „Die Wissenschaft“ und gibt Auskunft über „die Bedeutung der Interferenzen für alle möglichen Gebiete der Physik, welche Präzision erfordern“.

Der Verf. tut recht daran, nicht *medias in res* zu gehen, er schickt drei einführende Kapitel voraus. Das erste handelt in elementarer Weise von der Wellennatur des Lichtes und den wichtigsten optischen Instrumenten. Im zweiten Kapitel wird die Erzeugung und die Theorie einiger ausgewählter Interferenzerscheinungen behandelt. Nach Fresnels Spiegelversuch, den man wohl hier nicht vermissen würde, kommen die wichtigen Interferenzen an planparallelen Platten, die Lummer als „Kurven gleicher Neigung“ bezeichnet hat, und diejenigen an Keilplatten, „die Kurven gleicher Dicke“. An die Kurven gleicher Dicke hätten Newtons Ringe angeschlossen werden können. Statt dessen wird das mit dem zuallererst behandelten Fresnelschen Spiegel so eng verwandte Fresnelsche Biprisma eingeschaltet. So kommt es, daß in einem Paragraphen nacheinander das Fresnelsche Biprisma, die Newtonschen Ringe und Michelsons Interferometer behandelt werden, eine eigenartige Disposition, die nicht geeignet ist, dem der Materie fremden Leser den Überblick über die verschiedenartigen Interferenzerscheinungen zu erleichtern.

In der folgenden Beschreibung einiger Quecksilber-Bogenlampen hätte Siedentopfs Lampe (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 22. 1904*) nicht fehlen dürfen. Die Intensitätsverteilung der Interferenzen an planparallelen Platten wird mit gebührender Ausführlichkeit dargestellt.

Die den Schluß dieses zweiten Kapitels bildenden Ausführungen über die Beugung des Lichtes werden am Schlusse des dritten Kapitels („Spektralapparate") wieder aufgenommen und führen zu dem Einflusse der Beugung auf die Bilderzeugung im Fernrohr, Mikroskop und in Interferenzapparaten.

Den Kern des Kapitels über Spektralapparate bildet die allgemeine Theorie aller auf der Erzeugung von Interferenzstreifen beruhenden Spektralapparate nach Lummer und Gehrcke. Die Theorie wird sodann angewendet auf Michelsons Stufengitter und Lummer und Gehrckes Interferenzspektroskop. Als Hauptvorteil dieser Instrumente gegenüber den Rowlandschen Gittern, die ein nahezu gleiches Auflösungsvermögen mit einem erheblich größeren nutzbaren „Dispersionsgebiet" verbinden, wird die einfache, keinen besonderen Aufwand beanspruchende Aufstellung und die bequeme Handhabung der Interferenzapparate hervorgehoben.

Die Methode zweier gekreuzter Interferenzstreifensysteme, ein Analogon der gekreuzten Spektra, die zur Erkennung falscher Spektrallinien (Geister) dienen können, bildet den Schluß dieses inhaltreichen Kapitels.

Das vierte Kapitel ist nun den eigentlichen Anwendungen der Interferenz auf die Spektroskopie gewidmet und bringt zunächst die Auflösung feinster Spektrallinien in die Hauptlinie und ihre Trabanten, veranschaulicht durch eine Aufnahme der Interferenzpunkte der grünen Hg-Linie ($\lambda = 546\ \mu\mu$). Als Resultate der neuesten spektroskopischen Forschungen über den Mechanismus des Leuchtens seien genannt eine Verschiebung der Spektrallinien durch eine elektrische Wirkung: der Stark-Effekt, der sich durch das Dopplersche Prinzip erklären läßt; ferner eine Verschiebung der Spektrallinien durch Druckänderungen (Jewell, Mohler und Humphrey) und der äußerst wichtige Zeemann-Effekt, der den Zusammenhang zwischen Magnetismus und Licht so deutlich anzeigt. Die Anwendungen der Interferenzen zu physikalischen Messungen und in der Metrologie bilden das letzte Kapitel. Die Prüfung von Planparallelplatten in ihren einzelnen Teilen nach der Lummerschen Methode ist neuerdings von Schönrock so verfeinert worden, daß man die Abweichung der Planheit von Flächen gegen eine geometrisch genaue Ebene bis auf wenige millionstel Millimeter genau messen kann. Bei der Beschreibung des Dilatometers, das zur Messung der Ausdehnung fester Körper dient, vermißt Ref. die Erwähnung der bequemen Abbe-Pulfrichschen Methode der Bestimmung der Ordnungszahl der einzelnen gemessenen Interferenzstreifen (*diese Zeitschr.* **13.** *S. 415 u. 437. 1893).*

In der Astronomie sind die Interferenzen z. B. zur Bestimmung der Durchmesser von vier Jupitermonden benutzt worden. Das wichtige Jaminsche Refraktometer zur Bestimmung des Brechungsindex fester, flüssiger und gasförmiger Körper wird ohne die eigentliche Meßvorrichtung, den Kompensator, recht knapp beschrieben. Nach einigen Modifikationen des Michelsonschen Interferometers wird die wichtigste Anwendung der Interferenzen, die Auswertung des Meter in Wellenlängen durch Michelson, in anschaulicher Weise dargestellt. Den Schluß des Buches bilden die Interferenzen planparalleler Platten im kontinuierlichen Spektrum. Gehrcke und Reichenheim, die diesen Interferenzen den Namen „K-Interferenzen" gegeben haben, halten sie für geeignet, um sie zu den genauesten Wellenlängenmessungen zu verwenden, und schlagen vor, die Revision des Rowlandschen Atlasses mit Hülfe der „K-Interferenzen" vorzunehmen.

Dem Texte (145 S.) folgt ein 9 S. langes Literaturverzeichnis und ein Namen- und Sachregister.

Nachdem die Interferenzen 1902 durch Macé de Lépinay in französischer und im Jahre 1903 durch Michelson in englischer Sprache zum Gegenstande einer Monographie gemacht worden waren, ist das Erscheinen dieser deutschen, auf etwas breiterer Basis fußenden und bis auf die neuesten Arbeiten geführten Monographie mit Freude zu begrüßen, um so mehr, als das Buch auch hinsichtlich der Ausstattung den Vergleich mit Michelsons Werk nicht zu scheuen braucht und Lépinays Büchlein erheblich übertrifft.

Lö.

H. A. Lorentz, Lehrbuch der Physik. Zum Gebrauche bei akadem. Vorlesungen. Nach der 4., von H. A. Lorentz u. L. H. Siertsema bearb. Aufl. u. unter Mitwirkg. d. Verfassers aus dem Holländ. übers. von G. Siebert. 2. Bd. gr. 8°. III, 621 S. m. 257 Abbildgn. Leipzig, J. A. Barth 1907. 10 M.; geb. in Leinw. 11 M.

Publikationen des astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam. Hrsg. v. Dir. H. C. Vogel. Nr. 45. XV. Bd., 1. Stück. Lex. 8°. Potsdam. Leipzig, W. Engelmann.

45. H. C. Vogel, Die zwei Doppelrefraktoren des Observatoriums. III, 59 S. m. 14 Fig. u. 5 Taf. 1907. 5 M.

O. Lehmann, Die wichtigsten Begriffe u. Gesetze der Physik unter alleiniger Anwendung der gesetzlichen u. der damit zusammenhängenden Maßeinheiten. kl. 8°. 58 S. Berlin, J. Springer 1907. 1 M.

W. Nernst u. A. Schönflies, Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften. Kurzgefaßtes Lehrbuch der Differential- u. Integralrechng. m. besond. Berücksichtigg. der Chemie. 5. Aufl. gr. 8°. XII, 371 S. m. 69 Fig. München, R. Oldenbourg 1907. 11 M.; geb. 12,50 M.

O. Eggert, Einführung in die Geodäsie. 8°. X, 437 S. m. 237 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1907. Geb. in Leinw. 10 M.

A. Thomälen, Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik. 3., verb. Aufl. gr. 8°. VIII, 525 S. m. 338 Fig. Berlin, J. Springer 1907. Geb. in Leinw. 12 M.

L. Gagnaut, *Étude sur le Pendule.* 8°. 23 S. m. 8 Fig. Genf 1906. 1,60 M.

L. Barbillion, *Cours municipal d'Électricité.* gr. 8°. 400 S. m. Fig. Paris 1906. 10 M.

J. Fricks Physikalische Technik od. Anleitung zu Experimentalvorträgen sowie zur Selbstherstellg. einfacher Demonstrationsapparate. 7., vollkommen umgearb. u. stark verm. Aufl. v. Prof. Dr. O. Lehmann. II. Bd., 1. Abtlg. Lex. 8°. XVII, 762 u. 3 S. m. 1443 Abbildgn. u. 3 Taf. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1907. 20 M.; geb. in Halbfrz. 22 M.

H. Zimmermann, Rechentafel nebst Sammlung häufig gebrauchter Zahlenwerte. Entworfen u. berechnet. 5. Aufl. 12.—14. Taus. Lex. 8°. XXXIV, 204 S. Berlin, W. Ernst & Sohn 1907. Geb. in Leinw. 5 M.

H. Burkhardt, Vorlesungen üb. die Elemente der Differential- u. Integralrechnung u. ihre Anwendung zur Beschreibung von Naturerscheinungen. gr. 8°. XI, 252 S. m. 38 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1907. Geb. in Leinw. 6 M.

Aus Natur u. Geisteswelt. Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständl. Darstellgn. kl. 8°. Leipzig, B. G. Teubner. Jedes Bdchn. 1 M.; geb. in Leinw. 1,25 M.

58. G. Mie, Moleküle, Atome, Weltäther. 2. Aufl. IV, 142 S. m. 27 Fig. im Text. 1907.

M. Merriman u. J. P. Brooks, *Handbook for Surveyors.* 4. Ausg. 8°. 216 S. m. Fig. New York 1907. Geb. 10 M.

W. Nernst, Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadroschen Regel u. der Thermodynamik. 5. Aufl. 2. Hälfte. Lex. 8°. XVI u. S. 431—784 m. 17 Abbildgn. Stuttgart, F. Enke 1907. 8,60 M.

Vollständig: 18,60 M.; in 1 Leinw.-Bd. 20 M.

J. W. Gibbs, *Scientific Papers. 2 Volumes. 1: Thermodynamics; 2: Vector Analysis and Multiple Algebra; electromagnetic Theory of Light; etc.* 4°. 462 u. 290 S. m. Fig. New York 1906. Geb. in Leinw. 20 M.

Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendungen. Hrsg. im Auftrage der Akademien der Wissenschaften zu Göttingen, Leipzig, München und Wien, sowie unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen. Lex. 8°. Leipzig, B. G. Teubner 1907.

Bd. IV, 2. II. Mechanik. Red. v. F. Klein u. C. H. Müller. 1. Heft. 124 S. 3,60 M. — Bd. VI, I. Tl. Geodäsie u. Geophysik. Red. v. Ph. Furtwängler u. E. Wiechert. 2. Heft. S. 117—243 m. Fig. 3,60 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**.

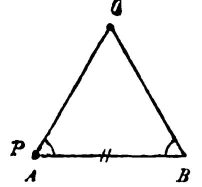
Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVII. Jahrgang. **November 1907.** Elftes Heft.

Über ein Verfahren zur direkten Ermittelung der Horizontalprojektion der Ziellinie nach einem nicht notwendig zugänglichen Punkte.

Von
Dr. **C. Pulfrich** in Jena.
(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiß.)

Bei der Landesaufnahme sowohl als auch bei der Stadt- und Feldvermessung und für eine Reihe von Aufgaben im Berg- und Ingenieurfach ist eine der wichtigsten Aufgaben die, den Horizontalabstand eines nicht zugänglichen Punktes vom Standort des Beobachters oder von einem anderen, ebenfalls nicht zugänglichen Punkte zu messen. Die Aufgabe wurde, wenn man von der Photogrammetrie und von der Stereo-Photogrammetrie hier ganz absieht, bisher ausschließlich gelöst durch Winkelmessung mit dem Theodolit unter Anschluß an eine mit größter Sorgfalt gemessene Basis (AB in Fig. 1) und durch Dreiecksberechnung.



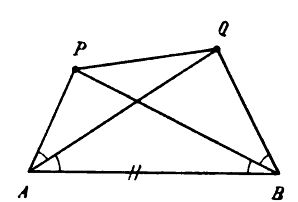


Fig. 1.
Messung der Strecke PQ durch Winkelmessung und Dreiecksberechnung von der gemessenen Strecke AB aus (altes Verfahren).

Ein Verfahren zur direkten Bestimmung des Horizontalabstandes eines Punktes vom Standort des Beobachters aus gab es bisher nicht. Bei den verschiedenartigen optischen Entfernungsmessern mit einer Basis am Ziel oder beim Beobachter ist die gemessene Entfernung fast immer die *gerade Luftlinie* nach dem Ziel. Eine bemerkenswerte Ausnahme bildet das von mir beim Feld-Phototheodoliten angewandte und in dem Prospekt „Meß. 145, Jena 1906“ ausführlich beschriebene Verfahren, das auf der Anwendung einer am Ziel aufgestellten Horizontallatte mit einem in Zentimeter geteilten Maßstabe bezw. mit zwei in einem festen Abstande voneinander befindlichen Endmarken beruht, auf die das Theodolitfernrohr durch Drehen um die vertikale Achse des Instrumentes mit Hülfe einer mit Trommel und Teilung versehenen Meßschraube eingestellt wird. Bei diesem Verfahren ergibt sich in der Tat der Horizontalabstand der Latte vom Standort des Beobachters *unmittelbar,* wobei es ganz gleichgültig ist, ob die Latte in der gleichen oder in einer verschiedenen Höhe mit dem Standort des Beobachters gelegen ist.

Ich werde nun im folgenden zeigen, daß sich unsere Aufgabe, den Horizontalabstand eines Punktes vom Standort des Beobachters zu messen, auch *ohne Zuhülfenahme einer Meßlatte am Ziel* lösen läßt. Die Lösung der Aufgabe ist, wie wir sehen werden, außerordentlich einfach, sogar so einfach, daß man sich darüber wundern muß, daß man nicht schon früher auf sie gekommen ist.

In der Tat ist hierfür nichts weiter erforderlich als dies: *Man setzt auf die Horizontalachse eines Theodolits an Stelle des einen senkrecht zu ihr gerichteten Fernrohrs* (vgl. Fig. 2) *deren zwei* (vgl. Fig. 3), die unter sich genau parallel sind, und deren Abstand voneinander, die Standlinie für die Entfernungsmessung, möglichst groß ist. Dadurch erhält man gleichsam *zwei Theodolite* neben einander auf *einem* Stativ, und man kann schon allein hieraus schließen, daß man mit Hülfe eines solchen Apparates Aufgaben lösen kann, die man bisher nur durch Aufstellen eines gewöhnlichen Theodolits an den Enden einer gemessenen Basis erledigen konnte.

Die Messung selbst besteht darin, daß man durch Drehen des Theodolits um die vertikale Achse mit Hülfe der an ihm angebrachten Feinbewegungsschraube,

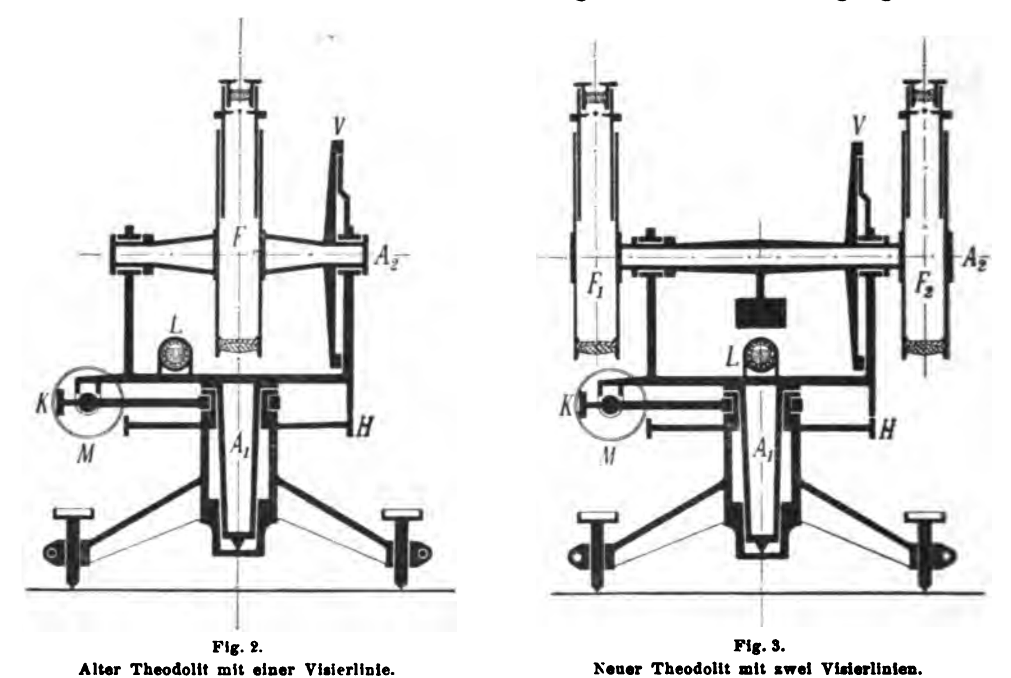


Fig. 2. Alter Theodolit mit einer Visierlinie.

Fig. 3. Neuer Theodolit mit zwei Visierlinien.

die zugleich mit einer Meßeinrichtung zur genauen Bestimmung des Drehungswinkels versehen ist, die beiden Fernrohre bezw. die darin befindlichen Marken *nacheinander auf den zu messenden Punkt* einstellt.

Die Berechnung der Entfernung geschieht dann in folgender Weise: In nachstehender Fig. 4 seien O der Standort des Beobachters, LR die Standlinie, P der zu messende Punkt und P_0 der Fußpunkt der in P errichteten Senkrechten. $L_1 R_1$ sei die Lage der Standlinie in der ersten Beobachtungsstellung, $L_2 R_2$ in der zweiten, um den Drehungswinkel $\varDelta$ veränderten Stellung. Es ist nun sofort zu sehen, daß die Größe des Drehungswinkels $\varDelta$ von der Höhenlage des Punktes P ganz unabhängig ist; denn jede der beiden Visierlinien beschreibt beim Drehen der Standlinie um die eigene horizontale Achse eine Vertikalebene, und es schneiden sich daher die beiden Visierebenen $L_1 P$ und $R_2 P$ in einer Geraden, die mit der in P errichteten Senkrechten zusammenfällt. Es ist daher auch der Winkel, den diese beiden Visierebenen miteinander bilden, identisch mit dem Drehungswinkel $\varDelta$ der Standlinie, und es ergibt sich somit der gesuchte horizontale Abstand der beiden Punkte O und P, unter B die Länge der Standlinie verstanden, zu

$$E_0 = OP_0 = \frac{1}{2} \frac{B}{\sin \varDelta / 2} . \qquad 1)$$

Ist die zu messende Entfernung groß im Verhältnis zur Standlinie, so läßt sich an Stelle der vorgenannten Formel auch schreiben

$$E_0 = \frac{B}{\Delta}. \qquad 1\text{a)}$$

Die Anwendbarkeit des Verfahrens bleibt natürlich auf solche Objekte beschränkt, die in der Zwischenzeit zwischen den beiden Einstellungen ihren Ort nicht verändern. *In Bewegung befindliche Objekte scheiden daher für das vorliegende Meſsverfahren ganz aus.* Im übrigen ist die Beschaffenheit des Zielpunktes nur insofern von Bedeutung für die Messung, als davon die Einstellungsgenauigkeit abhängt. Als Einstellungsmarke empfehle ich an Stelle des Strichkreuzes die neuerdings von mir auch beim Feld-Phototheodolit mit bestem Erfolge eingeführte *Kreislinie.*

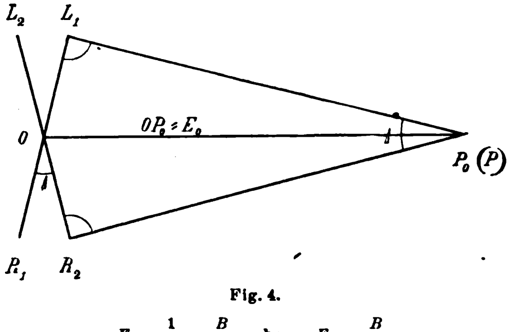


Fig. 4.

$$E_0 = \frac{1}{2}\,\frac{B}{\sin \Delta/2} \text{ bezw. } E_0 = \frac{B}{\Delta}.$$

Für die Beurteilung der *Genauigkeit der Messung* ist in erster Linie zu beachten, daß, wie bei allen Entfernungsmessern mit fester Basis, die *Fehler mit dem Quadrat der Entfernung zunehmen.* Bezeichnet man mit δ den bei der Messung des Winkels Δ gemachten Fehler, so ergibt sich der Fehler der Entfernungsmessung zu

$$dE_0 = \frac{B}{\Delta^2}\,\delta = \frac{E_0^2}{B}\cdot\delta. \qquad 2)$$

Im übrigen wird die Genauigkeit der Messung bedingt — die Parallelstellung der Fernrohre zueinander und deren senkrechte Stellung zur horizontalen Drehungsachse als fehlerfrei vorausgesetzt — *ausschlieſslich durch die Vergröſserung des Fernrohrs und durch die Gröſse der Standlinie.* Denn da die Messung des Winkels Δ nicht am Teilkreis, sondern an der Mikrometerschraube erfolgt, so kommt die Fernrohrvergrößerung — eine gute Meßschraube vorausgesetzt — für die Winkelmessung ungeschmälert zur Geltung.

Bei einem Vergleich der Leistungsfähigkeit des neuen Verfahrens mit der des alten (s. Fig. 1) in bezug auf die erreichbare Genauigkeit der Messung müssen wir es zunächst als einen Nachteil des neuen Verfahrens bezeichnen, daß die Basis eine von der Rücksicht auf den Transport und die Handlichkeit vorgeschriebene Größe nicht überschreiten darf, während sie nach dem alten Verfahren (AB in Fig. 1) beliebig groß gewählt werden kann. Demgegenüber ist aber zu beachten, daß die beiderseitigen Standlinien gar nicht miteinander vergleichbar sind, denn in dem einen Falle erfolgt die Winkelmessung am Teilkreis in der Regel auf 20 bis 30 Sekunden genau, im anderen Falle mit dem Mikrometer mit einer Genauigkeit, die leicht auf 1 bis 2 Sekunden gebracht werden kann[1]). Dieser Unterschied in der Genauigkeit

[1]) Bei dieser Gelegenheit möchte ich nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, daß man bei Benutzung eines Theodolits mit *exzentrisch* gelagertem Fernrohre auch ohne das zweite Fernrohr eine Entfernungsmessung vornehmen kann; denn es läßt sich durch Drehen des Theodolits um die vertikale Achse um 180° und durch Durchschlagen des Fernrohres eine Standlinie erzeugen, die doppelt so groß ist als die Exzentrizität des Fernrohres. Das Verfahren, das, wie ich später erfahren habe, bekannt ist (vgl. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. 2. Bd. 1893. *S. 596*), hat aber *für die Praxis nicht die geringste Bedeutung.* Denn man ist, da jede Anwendung einer mikrometrischen Messung ausgeschlossen ist, gezwungen, den Drehungswinkel — in diesem Falle $180° + \Delta$ — an dem Teilkreise abzulesen, und es läßt sich daher nur eine sehr geringe Genauigkeit erzielen.

der Winkelmessung wird noch schwererwiegend, wenn man berücksichtigt, daß bei dem alten Verfahren das Fernrohr immer wieder von neuem auf verschieden hohe, verschieden weite und verschieden aussehende Objekte eingestellt werden muß, während nach dem neuen Verfahren immer nur zwei gleiche Einstellungen nacheinander auf dasselbe Ziel gemacht zu werden brauchen und außerdem die ganze Messung leicht mehrere Male hinter einander vorgenommen werden kann. Das sind Vorteile, die selbst durch eine 20- bis 30-mal so große Standlinie nicht aufgehoben werden.

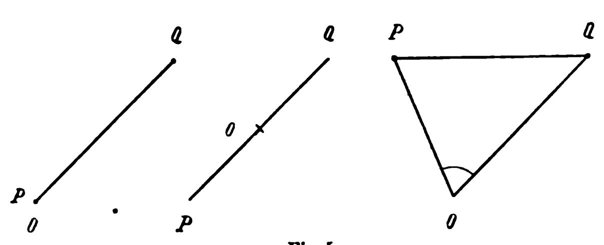


Fig. 5.
Messung der Strecke PQ vom Punkte O aus (neues Verfahren).

Im übrigen bedürfen die Vorteile des neuen Verfahrens keiner Begründung. Es arbeitet vor allem wesentlich schneller, denn es fallen eine ganze Reihe von Operationen, Messungen und Rechnungen nach dem alten Verfahren weg, wie aus dem Vergleich der Fig. 1 und 5 ohne weiteres zu ersehen ist. Besondere Berücksichtigung verdient (vgl. Fig. 5) die Messung des Horizontalabstandes einer Theodolitstation von einer benachbarten unzugänglichen Signalstation, wenn man von einem *zwischen* den beiden Stationen gelegenen Punkte O aus beide Stationen anvisieren kann. Der Fehler der Streckenmessung ist nämlich dann höchstens die Hälfte des Fehlers, den man bei direkter Ausmessung der Strecke PQ von der Station P aus begeht.

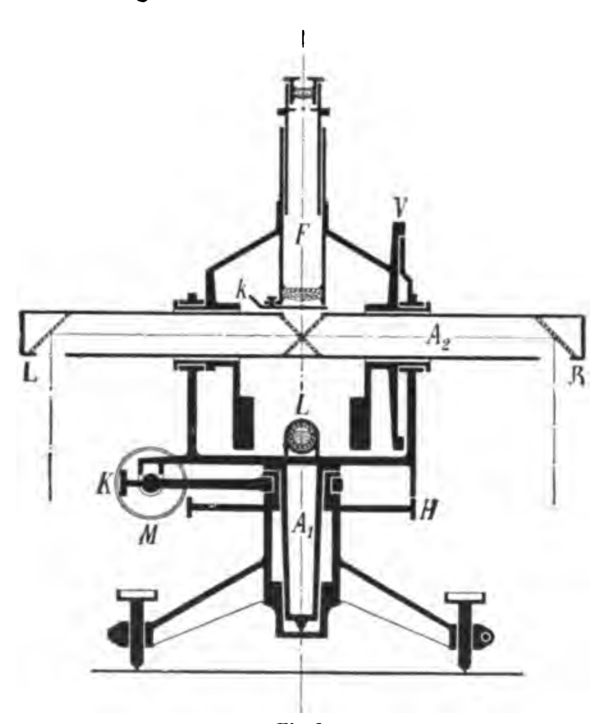


Fig. 6.
Ausführungsform A des neuen Theodolits, die Standlinie zum Herunternehmen eingerichtet, für Forschungsreisen und Expeditionen. Basis 1 *m*, Vergrößerung 25-fach. Fehler 5 *m* auf 1000 *m*, 20 *m* auf 2000 *m* u. s. f.

Ich will jetzt einige für die Praxis besonders wichtige Ausführungsformen des Apparates kurz beschreiben.

Zunächst erscheint es für die Anwendung unseres Verfahrens ganz gleichgültig, ob die Fernrohre als Einzelfernrohre getrennt neben einander oder als Doppelfernrohr mit zwei Okularen dicht neben einander oder als Doppelfernrohr mit einem einzigen, beide Bilder in sich vereinigenden Okular zur Verwendung kommen.

Bei dem in nebenstehender Fig. 6 skizzierten Apparat ist die Standlinie gebildet durch die beiden, unter 45° zur Längsrichtung gestellten Spiegel oder Prismen (L und R), durch die die auffallenden Strahlen auf ein in der Mitte zwischen den beiden Prismen angebrachtes Spiegelkreuz gelenkt und von diesen wieder so reflektiert werden, daß die Strahlenbündel, die vor ihrem Eintritt in die Standlinie unter sich parallel waren, auch nach ihrem Austritt aus der Standlinie

unter sich parallel sind. Die Standlinie befindet sich in genau horizontaler Lage über der Mitte eines theodolitartigen Instrumentes, wobei das Spiegelkreuz gegenüber der Objektivöffnung des an der horizontalen Drehungsachse befestigten Fernrohres zu liegen kommt.

Eine dauernd feste Verbindung der Standlinie mit dem Instrument ist nicht erforderlich und nicht einmal ratsam. Für die Verwendung des Instrumentes auf Forschungsreisen und Expeditionen ist es sogar vorteilhaft, die Standlinie — etwa 1 *m* lang — für sich zu transportieren und sie für den Gebrauch jedesmal mit dem Apparat zu verbinden.

Um bei dieser und den beiden folgenden Anordnungen eine ungestörte Betrachtung jedes einzelnen Bildes vornehmen zu können, bringt man zweckmäßig unmittelbar vor dem Objektiv eine Klappblende (*k* in Fig. 6) an, die abwechselnd die beiden Objektivhälften für die Beobachtung frei gibt.

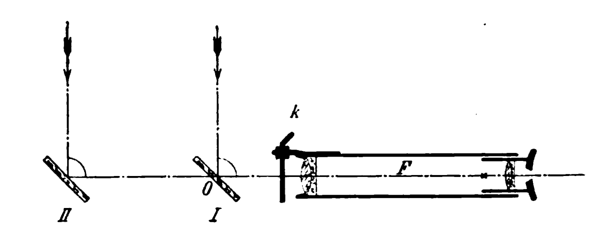


Fig. 8.
Ausführungsform *C*, besonders für die Stadt-Vermessung und für Ingenieuraufgaben, zugleich Universal-Theodolit und Nivellierinstrument.

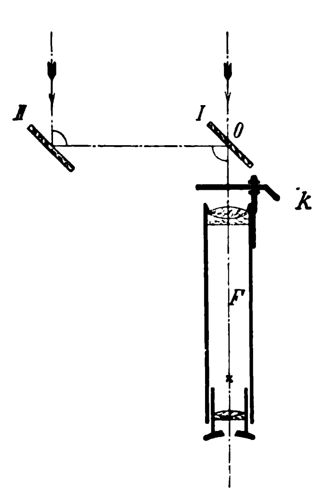


Fig. 7.
Ausführungsform B, eventuell als Ersatz für die Kippregel auf dem Meßtisch.

Es ist ferner nicht unbedingt erforderlich, daß die beiden Visierlinien wie in den Fig. 3 und 6 gleichweit von der Mitte des Theodolits entfernt sind; es ist sogar u. U. von Vorteil, *die eine der beiden Visuren genau durch die Mitte O der Theodolitstation gehen zu lassen*, wobei dann die Anordnung etwa so, wie in Fig. 7 angedeutet, getroffen werden kann. Der Spiegel *I* bedeckt hierbei nur die halbe Objektivöffnung, und man sieht mit dem Fernrohre direkt nach dem Ziele hin. Die Anordnung dürfte in erster Linie für den Meßtisch, als Ersatz für die Kippregel, zu berücksichtigen sein.

Von großer praktischer Bedeutung und einer gewissen Universalität ihrer Anwendung ist endlich die in Fig. 8 skizzierte Anordnung: die eine der beiden Visuren geht wieder durch die Mitte der Station, und das *Beobachtungsfernrohr befindet sich in der geradlinigen Verlängerung der Standlinie*; ob das Fernrohr an der Drehung der Standlinie um die horizontale Drehungsachse des Theodolits teilnimmt oder nicht, ist für das Verfahren an sich ganz nebensächlich. *Die Anordnung hat den grofsen praktischen Vorteil, dafs man stets in horizontaler Richtung in das Fernrohr hineinsieht.* Damit fällt die für Theodolite mit geradem Fernrohr bestehende Einschränkung in bezug auf die Größe des zulässigen Elevationswinkels ganz weg, und die Beobachtung ist mit gleicher Bequemlichkeit für geringe und beliebig große Elevationswinkel ausführbar. Auch hier bedeckt der Spiegel *I* nur die halbe Objektivöffnung des Fernrohres, und eine Klappe *k* macht abwechselnd das eine oder das andere Bild sichtbar.

Da bei Benutzung von Pentagonalprismen mit konstanter 90°-Ablenkung, an Stelle der einfachen Spiegel *I* und *II* in Fig. 8, es keine Schwierigkeiten macht, diese Prismen zum Herunternehmen und Auswechseln einzurichten, ohne daß die Gefahr

einer Dejustierung der Standlinie vorliegt, so besteht die Möglichkeit, durch Weglassung des Prismas *I* und durch Anbringung eines die ganze Objektivöffnung bedeckenden Pentagonalprismas an Stelle des halben bei *I*, bezw. durch gänzliches Weglassen beider Prismen *I* und *II*, *das Instrument nach Belieben auch als vollwertigen Universal-Theodolit und als Nivellierinstrument zu verwenden.*

Die vorstehend skizzierten Ausführungsformen sollen nur ungefähr ein Bild davon geben, wie sich das neue Verfahren für die Konstruktion von Apparaten ver-



Fig. 9.
Universal-Theodolit aus dem Jahre 1904, mit horizontal gelagertem Fernrohr und wegschlagbarem Pentagonalprisma (vgl. *Astron. Nachr.* *166*. *Nr. 3971*).

wenden läßt. Welche Formen diese Apparate im einzelnen und für Sonderaufgaben annehmen werden, läßt sich natürlich jetzt noch nicht sagen. Nur das ist sicher, daß das neue Verfahren für fast alle Zweige des Vermessungswesens von Bedeutung zu werden verspricht, und daß wir daher hier *am Anfange der Entwickelungsperiode für eine ganze Reihe von neuen Apparaten stehen.*

Ich möchte im folgenden noch kurz erwähnen, auf welchem Wege ich zu der vorstehend beschriebenen Lösung unserer Aufgabe gekommen bin, und außerdem über einige praktische Versuche berichten, die ich mit Hülfe eines ersten nach Fig. 8 gebauten Versuchsinstrumentes (s. Fig. 11) erhalten habe.

Vor einigen Jahren hat mich Hr. Stadtgeometer P. Kahle in Braunschweig darauf aufmerksam gemacht, daß es wünschenswert sei, den Abstand einer Signalstation von einem in ihrer Nähe aufgestellten Theodolit bequemer als bisher messen zu können. Das für mich nächstliegende Instrument, an das ich meine damaligen Überlegungen anschloß, war der von mir im Jahre 1903 konstruierte und im Herbst 1904 auf der Naturforscherversammlung in Breslau vorgeführte *Universal-Theodolit* (Fig. 9), bestehend aus einem horizontal gelagerten Fernrohre und einem dem Fernrohrobjektiv vorgesetzten Pentagonalprisma von genau 90° Ablenkung, das sich

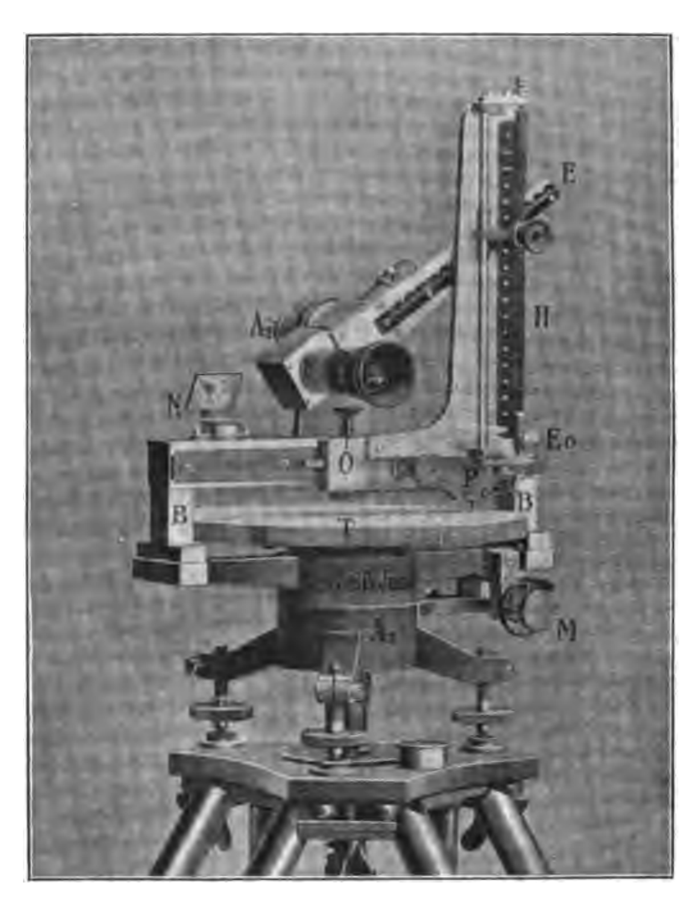


Fig. 10.
Tachygraph aus dem Jahre 1901, versuchsweise in Verbindung mit dem stereoskopischen Entfernungsmesser für topographische Aufnahmen benutzt.

zusammen mit dem Fernrohr um die Fernrohrachse drehen läßt. Ich habe dann gefunden, daß sich die gestellte Aufgabe mit diesem Apparat leicht lösen läßt, wenn man auf den Boden neben dem Theodolit ein Gefäß mit Wasser so aufstellt, daß das Spiegelbild der Signalstation von der Theodolitstation aus anvisiert werden kann. Ich gehe aber auf diese Art der Lösung unserer Aufgabe hier nicht näher ein, da, wie Hr. Kahle mir später mitteilte, er im wesentlichen das gleiche Verfahren unter Benutzung eines Theodolits mit geradem Fernrohr schon früher in Vorschlag gebracht und in der *Zeitschr. f. prakt. Geologie 1895. S. 492* beschrieben habe. Die Methode selbst ist aus leicht begreiflichen Gründen mancherlei Einschränkungen unterworfen, und es ist kaum anzunehmen, daß sie eine ausgedehnte Verwendung gefunden hat.

Ich habe dann die Sache nicht weiter verfolgt, bis ich im letzten Winter von neuem wieder auf die Aufgabe zurückkam und erkannte, daß sich jener Theodolit mit einer geringen Umänderung auch noch in einer anderen, viel wirksameren Weise als bei der Spiegelbildmethode zur Lösung jener Aufgabe verwenden lasse. Es war nur nötig, das die ganze Objektivöffnung verschließende Pentagonalprisma durch ein anderes, welches nur die halbe Objektivöffnung zudeckt, zu ersetzen und in einem gemessenen Abstand hinter diesem Prisma in geradliniger Fortsetzung der optischen Achse des Fernrohres und der anderen Hälfte des Objektives gegenüber noch ein

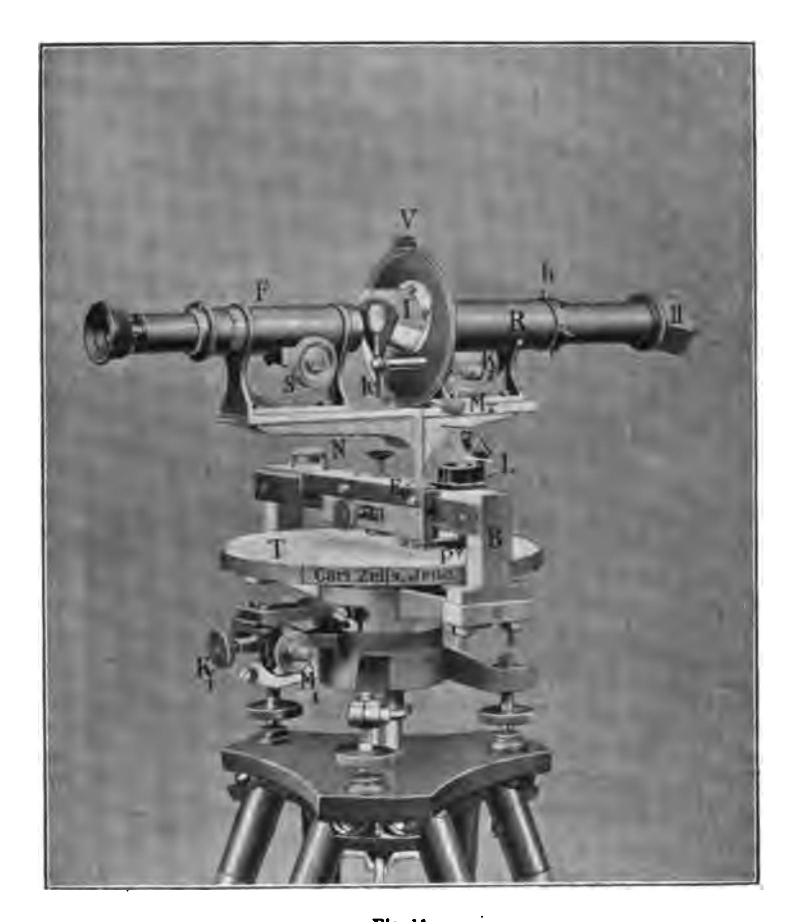


Fig. 11.
Erstes Versuchsinstrument.
Basis 25 *cm*, Vergrößerung 10-fach. Fehler-Tabelle s. *S. 338.*

zweites, dem ersten gleichgerichtetes Pentagonalprisma von ebenfalls 90° Ablenkung anzubringen und dieses so zu befestigen, daß es an allen Drehungen des vorderen Prismas teilnimmt.

Als *erstes Versuchsinstrument* ist dann der in Fig. 11 abgebildete Apparat entstanden. Ich benutzte hierfür einen von mir vor etwa 6 Jahren gebauten *Tachygraphen* (vgl. *diese Zeitschr.* ***23.*** *S. 332. 1903, Anmerkung 2, 2. Absatz*), den ich damals versuchsweise in Verbindung mit dem stereoskopischen Entfernungsmesser zur Herstellung eines topographischen Planes der Landschaft mit Höhenkurven, *ohne Zuhülfenahme einer Meſslatte,* allein vom Standort des Beobachters aus, in Benutzung genommen habe. Einrichtung und Handhabung dieses Apparates sind aus Fig. 10 auf *S. 335* zu

ersehen. Von dem Apparat konnten ohne weiteres verwendet werden der untere Teil mit dem feststehenden Tisch T und die um die vertikale Achse mit freier Hand und mit Hülfe der Mikrometerschraube M fein drehbare Brücke B, auf der bezw. an der die Libelle L, der Kompaß N und der verschiebbare Punktierstift P mit der Längenteilung E_0 angebracht waren.

Neu an dem Apparat (Fig. 11) ist nur das an der Brücke befestigte Oberteil, bestehend aus dem senkrecht zur Drehungsachse gerichteten Fernrohre F und dem zum Drehen um die Fernrohrachse eingerichteten Rohr R, an dessen Enden die beiden Pentagonalprismen I und II befestigt sind. Die Drehung des Rohres mit freier Hand erfolgt mit Hülfe der Handhabe h, die Feinbewegung mittels der Klemmschraube K_2 und der Mikrometerschraube M_2. Für die Ablesung der Höhenwinkel ist der Teilkreis V mit Nonius vorgesehen. Die Einstellung des Fernrohres auf die Bildschärfe geschieht durch axiale Verschiebung des Objektives mit Hülfe der Schraube S. Die bereits oben erwähnte Klappblende k, durch welche nach Belieben jedes einzelne Bild für sich allein im Fernrohr beobachtet werden kann, ist an der Fassung des vorderen Prismas befestigt. Bei der Messung beginnt man stets mit der Visur durch das hintere Prisma II und hat dann den Vorteil, daß man im unmittelbaren Anschluß an die Einstellung des durch das vordere Prisma I gesehenen Bildes die gemessene Entfernung auf den Zeichentisch übertragen kann.

Die Fernrohrvergrößerung ist eine 10-fache, die Basis, der Abstand der beiden Visierlinien, 250 *mm*. Die Mikrometerschraube M_1 hat eine Steighöhe von 0,25 *mm*, und ihr Abstand von der vertikalen Drehungsachse, die Länge h des Hebelarmes, ist 100 *mm*. Ein Intervall der 100-teiligen Trommelteilung entspricht somit einer linearen Verschiebung der Mikrometerschraube im Betrag von 0,0025 *mm* oder einem Drehungswinkel der Standlinie im Betrage von 5 Sekunden. Die Einstellung ergab sich auf $^2/_{10}$ bis $^3/_{10}$ eines Intervalls genau. Wir nehmen daher in der nachstehenden Fehlerrechnung den Fehler in der Bestimmung des Winkels Δ zu $\delta = 2$ Sekunden an.

Bezeichnet man die zur Messung des Winkels Δ erforderliche Verschiebung der Mikrometerschraube mit s, die Zahl der Trommelteile mit n, so können wir unsere obige Formel 1a) auch so schreiben:

$$E_0 = B\frac{h}{s} = B\frac{h}{n \times 0{,}0025}\ mm$$

und erhalten nach Einsetzen der obigen Zahlenwerte für B und h die einfache Beziehung

$$E_0 = \frac{10000}{n}\ \text{Meter.} \qquad 3)$$

Einfacher als durch Rechnung geschieht die Ermittelung des Wertes E_0 auf graphischem Wege mit Hülfe einer Tafel, wie sie bei den nachstehenden Versuchen benutzt wurde, und von der Fig. 12 ein Teil ist.

E_0: 10,5 — 4 — 3 — 2 — 1 — 10,0

n: 950 — 960 — 970 — 980 — 990 — 1000

Fig. 12.
$E_0 = 10000/n$ Meter.

Der Fehler berechnet sich zu

$$dE_0 = \frac{4000}{n^2}\ \text{Meter.} \qquad 4)$$

Einen Überblick über die Fehlerwerte gibt die nachstehende Tabelle, die sich leicht auch für andere Entfernungen ergänzen läßt, wenn man berücksichtigt, daß der Fehler in der doppelten Entfernung jedesmal 4-mal so groß ist als der Fehler in der einfachen Entfernung.

E_0	n	dE_0
10 *m*	1000	4 *mm*
20 „	500	1,6 *cm*
50 „	200	0,1 *m*
100 „	100	0,4 „

Um auch das *Ergebnis eines praktischen Versuches* mit dem Apparat vorlegen zu können, habe ich durch einen in der Ausführung optischer Messungen geübten Beamten der Werkstätte, Hrn. L. Hanemann, das auf dem Carl Zeiß-Platz gelegene *Volkshaus der Carl Zeiß-Stiftung* (Fig. 13) mit dem vorliegenden Versuchsinstrument ausmessen und nach dieser Messung den Grundriß des Gebäudes im Maßstab 1 : 200 anfertigen lassen[1]). In Fig. 14 ist das Ergebnis dieser Arbeit in 5-maliger Verkleinerung wiedergegeben. Bei einigen Visuren ist der gemessene Höhenwinkel — der größte ist $63^1/_2{}^0$ — eingeschrieben. Im übrigen habe ich auf die leicht zu bewirkende Berechnung der Höhe der gemessenen Punkte verzichtet und nur die Höhenlage der einzelnen Stationen zur Anfangsstation angegeben. Ebenso wurde auf die Ausführung einer Fassaden-Ansicht und auf eine Innenaufnahme, da beide nichts wesentlich Neues bieten, verzichtet.

Bei dem angewandten Maßstabe 1 : 200 ist der horizontale Aktionsradius unseres in Fig. 11 abgebildeten Instrumentes, soweit es sich um eine direkte Festlegung des Punktes auf dem Zeichentisch des Tachygraphen handelt, nur wenig mehr als 20 *m*. Um daher mit Hülfe der beiden benachbarten Stationspunkte allein einen sicheren Anschluß der Aufnahmen zu erzielen, wurde jedesmal der Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden Stationen kleiner als 20 *m* bemessen. Die Lage jeder Station war durch eine im Erdboden befestigte Marke kenntlich und damit für die Messung zugänglich gemacht. Bei der Messung von Objekten, die weiter ablagen als 20 *m*, wurde auf dem Zeichenblatt des Tachygraphen nur die Richtung der Objekte eingetragen. Ihr Ort ergab sich dann später beim Zusammensetzen der einzelnen Blätter auf dem Zeichentische durch Strahlenziehen und innerhalb der zulässigen Fehlergrenzen auch in Übereinstimmung mit der direkt gemessenen Entfernung.

Von besonderem Interesse ist die Genauigkeit, mit der sich die Messungen an die Anfangsstation wieder anschließen. Es sind im ganzen 17 Stationen. Die Summe aller Abstände beträgt 301,30 *m*.

Es ergab sich nun, daß in bezug auf den *Abstand* der ersten und der letzten Station voneinander ein vollkommener Anschluß erzielt war. Dagegen lag der von XVII aus bestimmte Punkt I in der Originalzeichnung $^3/_{10}$ bis $^4/_{10}$ *mm*, in Wirklichkeit also 6 bis 8 *cm* seitwärts von dem als Ausgangsstation bezeichneten Punkte, eine Abweichung, die leicht durch eine geringe Verdrehung der aufeinander folgenden Aufnahmen zu erklären ist. In bezug auf die Höhe erwies sich der Anschluß auf weniger als 1 *cm* genau.

---

[1]) In gleicher Weise wurde der Apparat versuchsweise auch zur Vermessung eines zu bebauenden Berggrundstückes — Grundriß mit allen Höhenangaben — mit bestem Erfolg benutzt.



Fig. 13.
Das Volkshaus der Carl Zeiß-Stiftung in Jena.

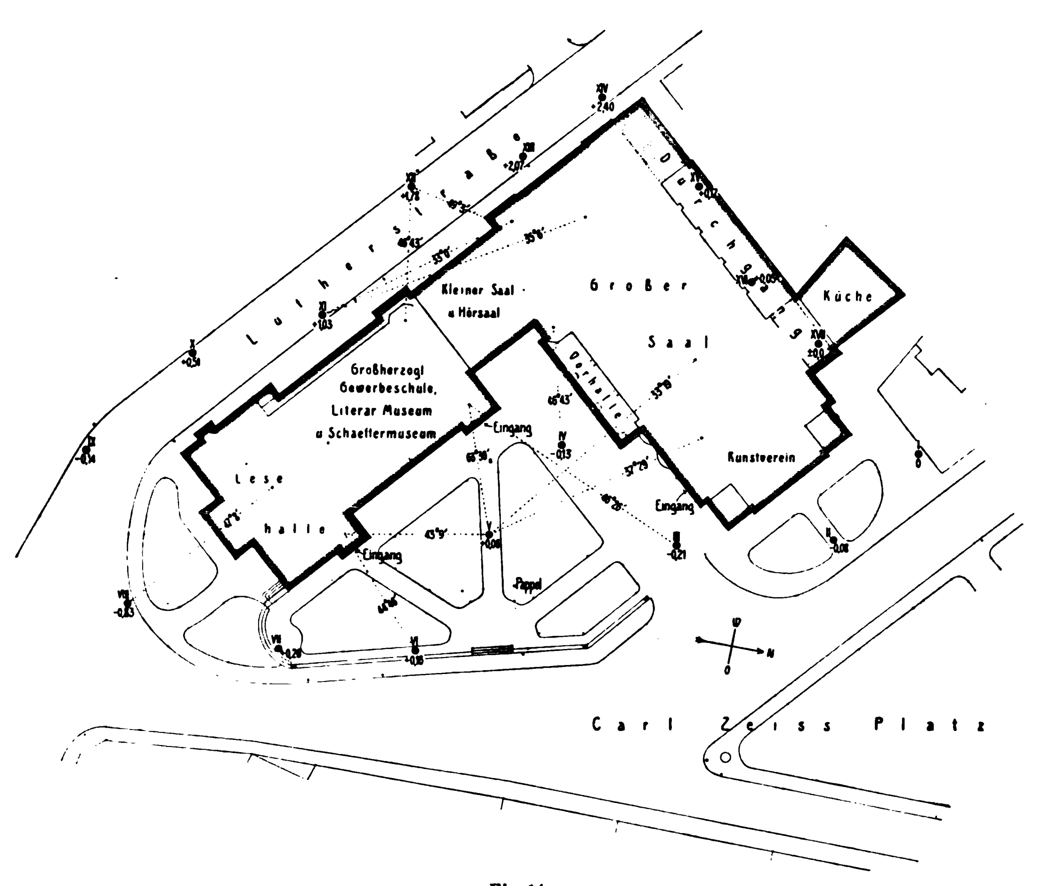


Fig. 14.
Grundriß des Volkshauses 1:1000 (aufgenommen im Maßstab 1:200 mit dem in Fig. 11 abgebildeten Versuchsinstrument).

Hiermit sind im wesentlichen meine Mitteilungen über den Gegenstand erschöpft. Sobald spezielle Erfahrungen mit den in Arbeit befindlichen neuen Instrumenten vorliegen, werde ich darüber berichten.

Nur auf einen Punkt möchte ich hier noch kurz hinweisen. In Fällen, wo es sich um die Ausmessung von sehr kleinen Strecken handelt, z. B. bei Innenaufnahmen, ist die bei unseren Messungen benutzte Proportion $E_0 : B = h : s$ nicht mehr in aller Strenge gültig. Das ist erst wieder der Fall, wenn man an Stelle der in Fig. 9 benutzten Tangentialschraube eine *Sinusschraube* anbringt. Was ich darunter verstehe, sieht man aus nebenstehender Fig. 15. Man gibt der Mikrometerschraube eine feste, gegen seitliche Verrückungen vollkommen gesicherte Lage und läßt die in der Richtung der Schraube fortbewegte Mutter mit ihrer ebenen Stirnfläche gegen eine am Ende des Hebelarmes angebrachte Kugel hart anstoßen. Im übrigen kann die Einrichtung so getroffen werden, daß man an der Trommel der Mikrometerschraube entweder die gesuchte Entfernung E_0 oder den Sinus des Drehungswinkels oder beide zugleich direkt ablesen kann. Im einzelnen komme ich auf diese Einrichtung bei späterer Gelegenheit zurück.

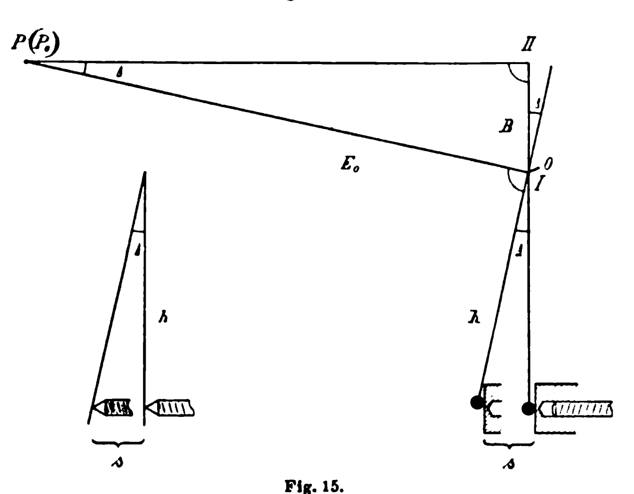


Fig. 15.
Ersatz der Tangentenschraube durch eine Sinusschraube.

Jena, im Oktober 1907.

Nachschrift. Anläßlich der Anmeldung der hier beschriebenen Erfindung zum Patent seitens der Firma C. Zeiß ist, wie ich soeben nach Abschluß der Korrektur erfahre, eine amerikanische Patentschrift vom Jahre 1894, Nr. 519319, aufgefunden worden, in der ein Hr. Buford einen Entfernungsmesser beschreibt, bei dem zwei parallel gerichtete Fernrohre nacheinander mit zwischengängiger wagerechter Schwenkung ihres Trägers zum Anvisieren des Objektes dienen. Danach scheint die mangelhafte Form des Instrumentes die Schuld zu tragen, daß der Gedanke dieses Meßverfahrens sich nicht schon damals Bahn gebrochen hat.

Eine Vereinfachung des Gallenkampschen Regen-Auffangapparates.

Von
A. Sprung in Potsdam.

Bei der Beschreibung seiner „neuen Methode der Regenmessung“ (*Meteorolog. Zeitschr.* ***22.*** *S. 1. 1905*) hebt Hr. Gallenkamp mit Recht hervor, daß der Auffang- und Registrier-Apparat voneinander getrennt sind. Denn es kann in der Tat recht lästig werden, wenn man z. B. zur Kontrolle des Funktionierens eines Regen-Registrierapparates sich ins Freie begeben und womöglich bei lebhaftester Tätigkeit des Apparates den Registrierstreifen wechseln muß.

In dieser Beziehung stimmt die Gallenkampsche Einrichtung mit derjenigen überein, welche von R. Fueß und mir im Jahre 1889 beschrieben wurde (*diese Zeitschr.* **9.** *S. 90. 1889*). Der Titel dieser Veröffentlichung lautet: „Neue Registrierapparate für Regenfall und Wind mit elektrischer Übertragung" und kennzeichnet also schon bis zu einem gewissen Grade das Wesen der Sache.

Sehr gut bewähren sich seit beinahe 20 Jahren, sowohl für den Wind als für den Regen, die eigentlichen *Registrier*-Apparate, und zwar wegen des besonderen Prinzips, daß die Bewegung des fortlaufenden Papierstreifens unmittelbar von dem betreffenden meteorologischen Elemente abhängt, derart, daß der Papierverbrauch im Jahre dem zugehörigen Windwege bezw. der Regenhöhe ungefähr proportional ist. Beim Regen beispielsweise beträgt in Potsdam der Verbrauch im Jahre nicht mehr als 10 Meter, und der Inhalt einer einzigen Papierrolle deckt den Verbrauch mehrerer Jahre. Die alltägliche Bedienung besteht nur darin, zu *einer* der Stundenlinien[1]) die Zeit hinzuzuschreiben und das beschriebene Papier durch einige Umdrehungen der Vorratsrolle in Sicherheit zu bringen (ganz dasselbe geschieht auch bei der Windregistrierung).

Um die Auffang- oder Aufnahmeapparate braucht man sich im allgemeinen nur dann zu kümmern, wenn es gerade passend erscheint. Ganz sicher gilt dieses vom Winde. Beim Regen ist allerdings in Potsdam die Einrichtung getroffen worden, daß alltäglich zur Stunde der übrigen Regenmessungen auch hier eine Messung erfolgt, und zwar deswegen, weil die für 1 *mm* Regen hindurchgelaufene Wassermenge von der Intensität des Regens nicht unabhängig ist. Der Grund ist der, daß die im Auffangapparate zur Anwendung gekommene Hornersche Wippe[2]) sich nach Neufüllung einer Abteilung nur langsam in Bewegung setzt, derart, daß bei starkem Regen während des Umschlagens noch einige Tropfen in die Wippe hineingelangen. Diesen Übelstand der Wippe habe ich erst später erkannt.

Bei der Reduktion der Regen-Aufzeichnungen muß demnach auf dessen Intensität Rücksicht genommen werden. Da dieses meteorologische Element nur ausnahmsweise auftritt, so wird diese Arbeit zwar nicht übermäßig lästig, doch ist natürlich anzustreben, den Apparat prinzipiell einwandfrei zu gestalten, und es bot sich mir durch Hrn. Gallenkamps Arbeit die willkommene Möglichkeit einer Verbesserung meines Auffangapparates.

---

[1]) Die Stundenmarken sind nicht punktförmig, sondern — der obigen Bezeichnung entsprechend — *Linien* von 30 oder 60 *mm* Länge, die in ganz kurzer Zeit, und zwar in der Richtung von rechts nach links, gezeichnet werden. Nachdem die Schreibfeder am linken Rande des Papierstreifens eingetroffen ist, beginnt sie sofort ihren Weg in entgegengesetzter Richtung, welcher eben eine Stunde in Anspruch nimmt. So entstehen allstündlich von neuem die Nullpunkte der Zeitabszissen, während das betreffende meteorologische Element die Ordinaten darstellt. Auch die Ordinaten beginnen allstündlich von neuem mit Null.

Auf die Wichtigkeit dieser, von der gebräuchlichen ganz abweichenden Anordnung habe ich in den einleitenden Worten zu der oben zitierten Abhandlung vom Jahre 1889 hingewiesen. Die Hauptbetrachtung findet sich aber in *dieser Zeitschr.* **2.** *S. 206. 1882* und berücksichtigt in erster Linie die Aufzeichnung des Windes.

Bei den von R. Fueß ausgeführten Apparaten haben die Zeitabszissen eines Tages, aneinandergereiht, eine Länge von $^3/_4$ bezw. $1^1/_2$ *m*, sodaß auf 1 Minute $^1/_2$ bis 1 *mm* entfällt.

Ohne den Apparat wesentlich unhandlicher zu gestalten, würde man in der Genauigkeit der Zeitbestimmung leicht noch weiter gehen können.

[2]) Von Hrn. G. Hellmann ist in der *Meteorolog. Zeitschr.* **14.** *S. 102. 1897* nachgewiesen worden, daß jene allgemein gebräuchliche Bezeichnung nicht richtig ist; das Verdienst der Erfindung dieses Apparates gebührt Wren und Hooke. In Dr. Hookes *Description of his Weather-Wiser* vom Jahre 1678 findet sich sogar eine mathematische Theorie der Wippe des Pluviographen.

Es wurde, da gerade die Beschaffung eines neuen Registrierapparates in Aussicht stand, in diesem Sommer mit Versuchen begonnen. Natürlich war man zunächst bestrebt, die Gallenkampsche Form des *Auffang*-Apparates[1]) tunlichst genau nachzuahmen. Fig. 1 stellt nach der oben zitierten Beschreibung diesen Apparat dar; das in dem Trichter *T* sich ansammelnde Wasser gelangt zunächst in ein ∽-förmig gebogenes Wasserabtropfrohr *t* und dann in eine Wippe *W* mit Quecksilberkontakt *Q*. Erhebliche Schwierigkeiten machte die Konstruktion der sehr kleinen Wippe, die bei ungefähr $^1/_{25}$ derjenigen Wassermenge, welche die Hornersche Wippe in Bewegung setzt, richtig arbeiten und Kontakte geben soll; ich beschloß daher in anderer Richtung zu experimentieren. Vorher war mir nämlich schon der Gedanke gekommen, ob es trotz der geringen Leitungsfähigkeit des reinen Wassers nicht möglich sein würde, die Tropfen selber zum Stromschluß zu benutzen? Daß es ohne Relais nicht gut gehen würde, war ja allerdings von vornherein zu erwarten. Die dementsprechend

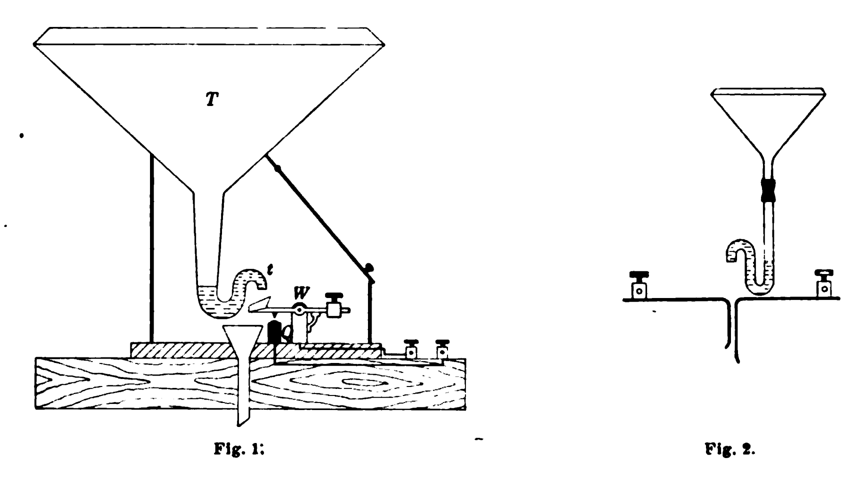


Fig. 1. Fig. 2.

ausgeführten Versuche gelangen zunächst auffallend gut, sodaß schon nach einigen Tagen ein kurzer natürlicher Regen sich in dieser Weise aufzeichnete. Das Relais und die zugehörigen Elemente (8 kleine Leclanché) wurden fürs erste in einem in der Nähe des Aufnahme-Apparates aufgestellten Schranke im Freien untergebracht. Ausgeschlossen erschien es übrigens durchaus nicht, bei passender Wahl der Elemente, Elektromagnete u. s. w. auch ohne Relais fertig zu werden.

Jedenfalls ist nunmehr (vgl. Fig. 2) der Auffang-Apparat selbst so einfach wie nur irgend möglich gestaltet. Der „Regentropfen" fällt auf zwei einander gegenübergestellte schmale Platin- oder Kupferbleche, welche derartig geformt sind, daß das Wasser des Tropfens nach erfolgtem Stromschluß sicher wieder ausfließt, damit kein Dauerschluß entsteht. Die Versuche *ohne* Relais wurden mit einem Registrierapparate ausgeführt, bei dem die Drahtdicke der Elektromagnet-Wicklung nur halb so viel betrug wie gewöhnlich, nämlich 0,2 statt 0,4 *mm*. Mit etwa 70 hintereinander-

[1]) Der Gallenkampsche *Registrier*-Apparat ähnelt sehr einem modernen, z. B. dem Fueßschen Chronographen, nur daß die Registriertrommel nicht erst in einer Stunde, sondern schon in einer Viertelstunde sich herumdreht. Eine elektromagnetisch wirkende Schreibfeder markiert auf 96 übereinanderliegenden Kreislinien die „Regentropfen". Die Anzahl der Marken in der Zeiteinheit (ganze oder halbe Minute) repräsentiert näherungsweise die Intensität des Regens und wird zur graphischen Darstellung der letzteren in Koordinatenpapier eingetragen.

Da mir dieses Verfahren etwas umständlich erschien, habe ich im „*Wetter*" (*März-Heft 1905*) zwei Vorschläge zur „automatischen Aufzeichnung der Regenintensität" veröffentlicht.

geschalteten Leclanché-Elementen wurde dabei eine anscheinend ganz sichere Aufzeichnung erzielt. Welche von den beiden Konstruktionen, die ohne oder mit Relais, sich auf die Dauer am besten bewähren wird, läßt sich jetzt noch nicht sagen. Es sei noch bemerkt, daß sich ein künstlicher Zusatz von Salzen o. dgl. zur Vergrößerung der Leitungsfähigkeit des Regenwassers zu empfehlen scheint. Ein erster Versuch in dieser Richtung fiel recht befriedigend aus. In das ∞-förmige Rohr wurden dabei einige aus Gyps geformte kleine Stengel hineingesteckt. Bei der Konstruktion ohne Relais konnte infolgedessen die Zahl der Elemente ungefähr von 70 auf 25 verringert werden.

Die wichtige Frage nach der Gleichförmigkeit der Tropfengröße ist durch die hier angestellten Versuche noch nicht endgültig entschieden worden, da das Wetter einen hierfür ungünstigen Verlauf nahm.

Aus diesen Gründen ist das Vorstehende als eine vorläufige Mitteilung zu betrachten.

Entwurf für einen Tachytheodolit.

Von

K. Lüdemann in Remscheid.

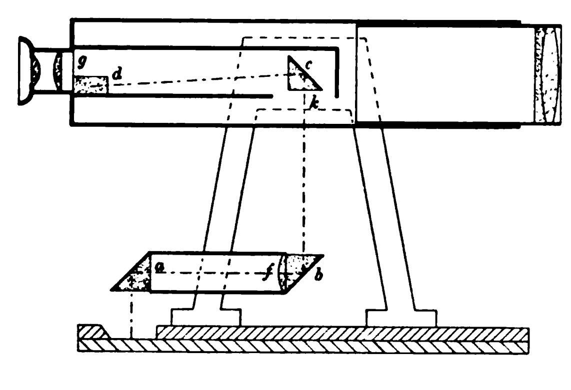
Neben der allgemein bekannten Form des Theodolits haben sich in den letzten Jahren für Sonderzwecke gewisse Formen herausgebildet, die dem jeweiligen Bedürfnis entsprechend konstruiert sind, z. B. Theodolite mit Registriereinrichtung für Ballon- und Wolkenbeobachtungen, sog. Goniographen (vgl. *diese Zeitschr.* **25.** *S. 135. 1905*), u. dgl. Auch für gewisse sehr häufig vorkommende Arbeiten des Landmessers, wie es z. B. Polygon- und Winkelmessungen bei tachymetrischen Aufnahmen sind, die mit einer relativ geringeren Genauigkeit ausgeführt werden können, hat man Konstruktionen herzustellen versucht, die den jetzt ziemlich umfangreichen Apparat der Winkelmessung zu vereinfachen bestimmt waren. Diese Instrumente, zu denen z. B. auch der Heydesche Zahnkreistheodolit zu rechnen ist, konnten sich jedoch eine größere Verbreitung nicht erringen, da sie die versprochene Erleichterung und Vereinfachung nicht zu bringen vermochten.

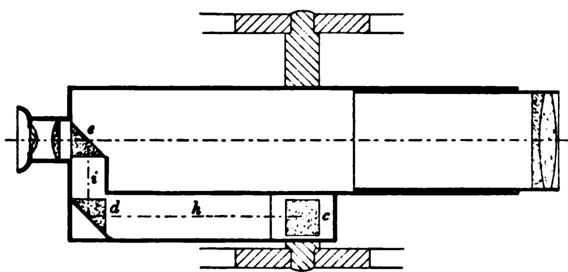
Im letzten Jahre hat nun Hr. Landmesser Dr. Grünert in Wiesbaden den Entwurf einer Neukonstruktion gegeben, von deren praktischer Ausführung er jedoch aus verschiedenen Gründen Abstand genommen hat. Immerhin soll die Lösung mitgeteilt werden, da der hiermit angezeigte Weg vielleicht doch früher oder später gangbar gefunden werden könnte.

Grünert gibt drei verschiedene Ausführungsformen, deren gemeinsames Grundprinzip darin besteht, daß die Bildebene des Fernrohres eines Theodolits mit dem abzulesenden Teil des Kreises durch Reflexion zur Deckung gebracht wird, sodaß man also Ziel und Teilung im Fernrohr gleichzeitig erblickt. Will man die Genauigkeit der Ablesung nicht durch Benutzung einer im Fernrohr anzubringenden Schätzskale steigern, so hat man den Nullpunkt der Kreisteilung im Fernrohr auf das Anfangsziel einzustellen und kann dann ohne jede Feineinstellung und Ablesung an Nonien oder Schätzmikroskopen wie bei den bisherigen Konstruktionen die weiteren Ziele nach ihren Richtungen ablesen.

Die einfach erscheinende Grundidee konnte jedoch nur eine erschwerte Lösung finden, da das Bild sich beim Kippen des Fernrohres drehte; dieser Umstand bestimmt mit die vorläufig die Einführung in die Praxis hindernde Kostspieligkeit der Ausführung.

Die *schematisch* gehaltene Skizze gibt einen Horizontalschnitt durch die Fernrohrachse und einen Vertikalschnitt durch das Instrument; das Röhrchen *h* steht mit dem wie üblich gelagerten Fernrohr durch den Raum *i* in Verbindung. Bei *k* ist das Röhrchen entsprechend geöffnet, damit die von der Teilung kommenden und durch die Prismen *a* und *b* gerichteten Strahlen bei jeder Fernrohrstellung eintreten können. Die Drehungsachse des Prismas *c* fällt mit der Kippachse des Fernrohres zusammen; ferner folgt *c* durch eine entsprechende Übertragung den Drehungen der Kippachse zur Hälfte, sodaß also die von *b* kommenden Strahlen durch *c*, *d* und *e* ungehindert gegen die Ebene *g* geworfen werden können, wo auch die etwa gewünschte Schätzskale angebracht werden kann. Um bei *g* ein reelles Bild der Teilung zu erhalten, ist in den Strahlengang, etwa bei *f*, eine entsprechende Linse eingeschaltet.





Die Konstruktionsformen II und III verfolgen dasselbe Prinzip, gelangen jedoch auf einem umständlicheren Wege zum Ziele.

Die Schwierigkeiten der geschilderten Ausführung liegen in den Mißlichkeiten, die mit der Vereinigung optischer Bilder stets verknüpft sind, ein Umstand, den Hr. Dr. Grünert bei einer Form allerdings zu umgehen sucht; schwierig wäre wohl auch die Zentrierung des drehbaren Prismas.

Referate.

Über die Genauigkeit von Flächenberechnungen mit der Quadratmillimeter-Glastafel.

Von K. Lüdemann. *Zeitschr. f. Vermess.* **36.** *S. 373. 1907.*

Die Flächenberechnung mit Hülfe des Glastafel-„Schätzquadrats“ ist, auch bei kleinster Maschenweite, mehrfach als wenig genau bezeichnet worden (vgl. z. B. Hellmich, *Zeitschr. f. Vermess.* **22.** *S. 185. 1893*). Andere Erfahrungen sprechen aber wieder, auch in dieser Beziehung, sehr bestimmt *für* jenes sehr alte Hülfsmittel der Flächenermittlung (z. B. ist es von Oberst v. Schokalsky allen andern Planimetern vorgezogen worden bei der von v. Tillo begonnenen, vor kurzem veröffentlichten Ermittlung der Flächen Sibiriens nach hydrographischer und nach politischer Einteilung); und dazu gehören auch die Erfahrungen des Verf. bei Grundstücken auf Plänen im Maßstab 1 : 4000. Er findet mit der Maschenweite 1 *mm* des Glastafelnetzes und für den soeben genannten Maßstab einen m. F. der *doppelten* Messung von $\pm 0{,}05$ v. H. (also für 1, 5, 10 *ha* nur 5, 24, 50 *qm* für die doppelte Messung, für die einfache $\sqrt{2}$-mal mehr), wobei dieser Betrag allerdings je nach der Form der zu bestimmenden Flächen ziemlich stark schwankt. Eine Mitteilung über den Zeitaufwand bei den einzelnen gebrauchten Arten der Flächenbestimmung wäre noch erwünscht gewesen. *Hammer.*

Objektive Bestimmung der Schwingungszahlen Königscher Flammen ohne Photographie.

Von K. Marbe. *Physikal. Zeitschr.* **7.** *S. 543. 1906.*

Erzeugung schwingender Flammen mittels Luftübertragung.

Von K. Marbe. *Physikal. Zeitschr.* **8.** *S. 92. 1907.*

Die Aufzeichnung von akustischen Schwebungen.

Von C. Déguisne. *Ann. d. Physik* **23.** *S. 308. 1907.*

Marbe war es vor kurzer Zeit gelungen, Schwingungen Königscher Flammen ohne Photographie auf eine sehr einfache Weise durch Erzeugung von Rußbildern wiederzugeben (vgl. *Physikal. Zeitschr.* **7.** *S. 543. 1906*). Eine rußende Flamme nämlich, die abwechselnd höher und niedriger brennt, erzeugt auf einem über sie weggezogenen Papier-

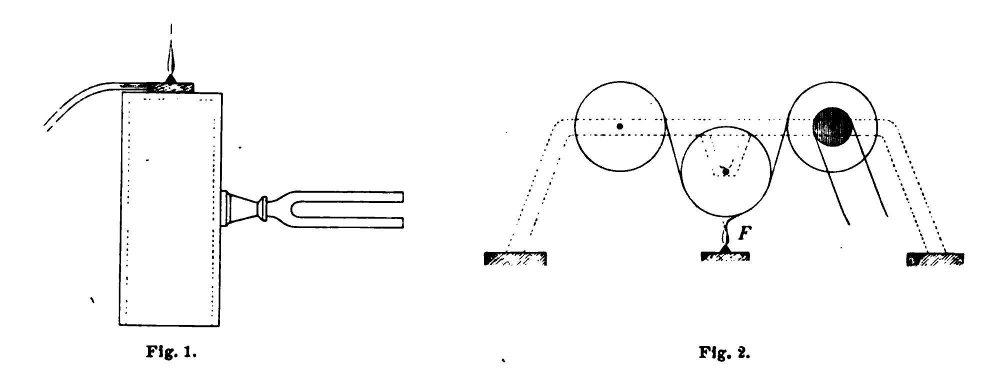


Fig. 1. Fig. 2.

streifen Rußflecken oder Rußringe, während bei ruhigem Brennen ein gleichmäßig schwarzer Rußstreifen auf dem Papier erscheint. Man erhält also soviel Rußflecken, als die Flamme Schwingungen ausführt. Die *a. a. O.* näher beschriebene Anordnung, die zum besseren Verständnis des Folgenden hier kurz wiedergegeben sei, ist aus den Fig. 1 und 2 ersichtlich. Fig. 1 stellt eine Stimmgabel mit Resonanzkasten dar, auf dessen einer durchlochten Seite eine Kapsel einer Königschen Flamme befestigt ist. Fig. 2 zeigt den Apparat zur Fortbewegung des Streifens über der Flamme F; der Streifen ist über drei Rollen gezogen, deren Achsen starr miteinander und dem Flammenapparat verbunden sind, und deren eine



Fig. 3.

durch einen Motor in Rotation versetzt wird, sodaß der Streifen mit gleichmäßiger Geschwindigkeit über der Flamme weggleitet. Wird die Stimmgabel erregt, so erhält man auf dem Papierstreifen sehr regelmäßig aufeinanderfolgende scharfe Rußkreisstücke (Fig. 3). Bei bekannter Geschwindigkeit des Streifens kann durch Abzählen leicht die Schwingungszahl der Stimmgabel in der Sekunde bestimmt werden.

Bald darauf (*Physikal. Zeitschr.* **8.** *S. 92. 1907*) zeigte Marbe, daß die Schwingungen einer Stimmgabel oder irgend einer andern Tonquelle (Telephon, menschliche Stimme) auch ohne den Königschen Apparat direkt durch die Luft auf die Flamme übertragen werden kann, und zwar in solcher Stärke, daß auch jetzt die Bewegungen der Flamme durch Rußbilder

sich fixieren lassen. Durch einen kleinen Brenner von etwa 0,5 *mm* Durchmesser ließ er Leuchtgas ausströmen und brachte die etwa 40 *mm* hohe Flamme zwischen die Zinken einer Stimmgabel, sodaß die Achse der Flamme zu der durch die Zinken bestimmten Horizontalebene senkrecht stand.

Diese sehr einfache und brauchbare Methode verwendet nun Déguisne zur Aufzeichnung von akustischen Schwebungen zweier Stimmgabeln. Die Erregung der Flamme bewirkt er entweder dadurch, daß er die schwingenden Zinken der Gabeln in unmittelbare Nähe der Flamme bringt, und zwar so, daß die durch die Zinken gehende Ebene parallel zur Achse der Flamme steht und die Achse der Gabel auf die Mündung des Gasbrenners weist, oder er benutzte folgende Anordnung. Ein vertikal gerichteter Messingzylinder von 6,5 *cm* Durch-

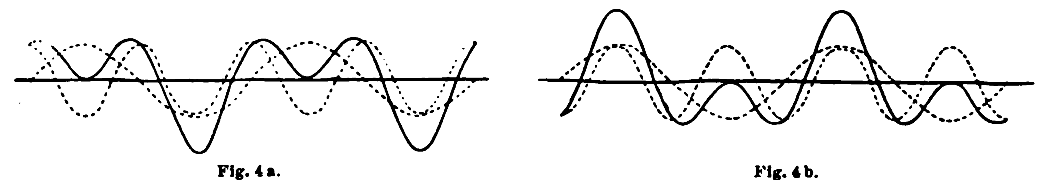


Fig. 4a. Fig. 4b.

messer und 16,5 *cm* Höhe ist oben und unten durch einen Boden abgeschlossen. In der Mitte des oberen befindet sich ein kreisrundes Loch von 1 *cm* Durchmesser; in der Mitte dieses Loches in gleicher Höhe wie der obere Boden endet ein von der Zylinderwand aus eingeführter Brenner, aus dem eine Azetylenflamme herausbrennt. In der Mitte des unteren Bodens ist ein Rechteck herausgeschnitten (5 × 1,5 *cm*). Unter diese Öffnung werden die Enden der Zinken der beiden Gabeln gebracht, so orientiert, daß die Achsen der Gabeln senkrecht zur langen Seite des Rechtecks und die durch die Zinken gehenden Ebenen parallel zur Achse des Messingzylinders liegen. Die Geschwindigkeit des Papierstreifens beträgt $^1/_2$ bis $^3/_4$ *m*/Sek.

Die beiden von den Gabeln ausgehenden Schallwellen setzen sich zu einer resultierenden Welle zusammen, die für den Fall, daß die Komponenten ein einfaches Schwingungszahlen-Verhältnis besitzen, z. B. 1 : 1, 2 : 1, 3 : 1, 5 : 2 u. s. w., eine sehr einfache und leicht konstruier-

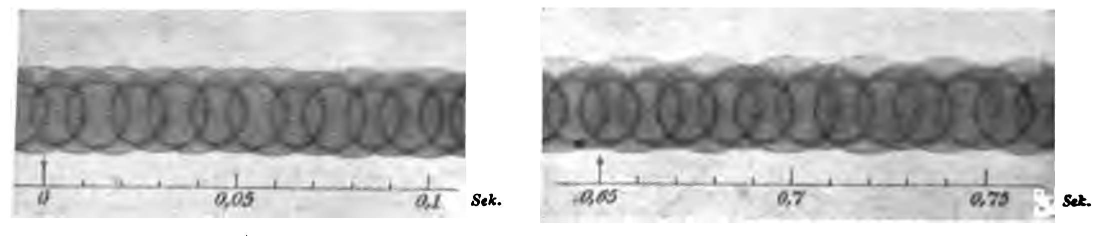


Fig. 5a. Fig. 5b.

bare Form annimmt. In Fig. 4a und 4b sind die Komponenten (als gestrichelte Linien) und die Resultante (ausgezogen) für den Fall gezeichnet, daß das Schwingungsverhältnis 2 : 1 ist, bei gleichen Amplituden der Komponenten und unter der Annahme, daß wir es mit reinen Sinusschwingungen zu tun haben, die bei Stimmgabeln nahezu erfüllt ist. Als Rußringe werden nur die Maxima auf der einen Seite der Nullinie markiert, und zwar je nach der Höhe der Maxima stärker oder schwächer. Den beiden, zwei verschiedenen Phasenstellungen entsprechenden Konstruktionen der Fig. 4a und 4b entsprechen in der Tat genau die Rußbilder der Fig. 5a und 5b. Ist das Schwingungsverhältnis der beiden Gabeln genau 2 : 1, so wird die zu Anfang vorhandene Phasendifferenz der Komponenten für alle Zeit genau erhalten bleiben. Weicht dagegen das Verhältnis von dieser einfachen Zahl ab, so verändert sich die Phasendifferenz periodisch, und zwar kehrt die gleiche Phasendifferenz dann wieder, wenn die eine Kurve gegenüber der anderen um den vollen Wert oder einen Bruchteil ihrer Periode vor- oder nachgeeilt ist. Aus der Anzahl der „Schwebungen“, d. h. der Wiederkehr

der gleichen gegenseitigen Phasenstellung in einer gemessenen Zeit, läßt sich aber sehr genau das Verhältnis der Schwingungszahlen ableiten; wie der Verf. zeigt, macht es gar keine Schwierigkeit, in der beschriebenen Weise das Verhältnis bis auf ± 0,01 Proz. genau zu bestimmen.

Der große Vorteil dieser Methode der Bestimmung des Schwingungsverhältnisses durch Schwebungen besteht darin, daß man bei derselben nicht wie bei den üblichen Methoden Stimmgabeln von nahezu gleicher Schwingungszahl gebraucht, sondern mit einer Stimmgabel von z. B. 100 Schwingungen sämtliche Schwingungszahlen zwischen 30 und 300 oder noch mehr messen kann.

Zur Markierung der Zeit auf dem Papierstreifen wird eine zweite schwingende Flamme benutzt, die entweder von einer langsam schwingenden Telephonmembran oder Stimmgabel von bekannter Schwingungszahl erregt wird. *S. V.*

Methoden und Apparate, die im Kälte-Laboratorium zu Leiden in Gebrauch sind.

Von H. Kamerlingh Onnes. *Communic. Phys. Labor. Univers. Leiden Nr. 94 f. 1906.*

Die Mitteilung zerfällt in die Abschnitte: Über Bäder von konstanter und gleichförmiger Temperatur mit Hülfe von flüssigem Wasserstoff. Reinigung des Wasserstoffs für den Kreislauf. Kryostat für Temperaturen von — 252° bis — 259°. Darstellung von flüssiger Luft mit Hülfe des „Kaskadenprozesses". Darstellung reinen Wasserstoffes durch Destillation von weniger reinem.

Seit dem Jahre 1894 beschäftigte sich der Verf. mit dem Problem der Verflüssigung des Wasserstoffs. Nachdem er anfangs vergeblich versucht hatte, das Ziel nach dem alten Pictetschen Verfahren der stufenweisen Abkühlung zu erreichen, zeigte er im Jahre 1896 auf Grund des Satzes von den korrespondierenden Zuständen, daß das Lindesche Verfahren der Abkühlung durch adiabatische Expansion auch beim Wasserstoff von Erfolg sein müsse, wenn dieser zuvor auf — 210° abgekühlt sei. In der Tat erhielt auch Dewar i. J. 1898 den ersten flüssigen Wasserstoff durch Expansion des auf die Temperatur der flüssigen Luft abgekühlten Gases. Allerdings ergab sich später, daß eine Abkühlung unter — 80,5° genügt, weil unterhalb dieser Temperatur der Thomson-Joule-Effekt das der Abkühlung günstige Vorzeichen hat, indessen gebührt dem Verf. das Verdienst, zuerst gezeigt zu haben, wann die beabsichtigte Wirkung jedenfalls eintreten müsse.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich zunächst mit der Aufgabe, für Meßzwecke ein Bad von flüssigem Wasserstoff herzustellen, dessen Temperatur auf etwa 0,01° konstant gehalten werden kann. Zur Erreichung dieses Zieles bedurfte es der Einrichtung einer Maschinenanlage zur Verflüssigung von Wasserstoff und der Herstellung eines Kryostaten, in dem der verflüssigte Wasserstoff unter verschiedenen Drucken sieden kann.

Der Verflüssiger arbeitet in bekannter Weise so, daß der komprimierte Wasserstoff durch flüssige, unter vermindertem Drucke siedende Luft abgekühlt wird und dann durch ein Ventil expandiert, wobei ein Teil flüssig wird. Der gasförmig bleibende Teil strömt dem zum Ventile strömenden entgegen und kühlt ihn vor. Die ausführlich beschriebenen Einzelheiten müssen im Originale nachgelesen werden. Hier sei nur einiges erwähnt, was von allgemeinerem Interesse ist. Der Gefahr des Bruches ist besonders ausgesetzt das Vakuumgefäß, in dem der flüssige Wasserstoff nach der Kondensation sich sammelt. Der Verf. schützt es dadurch, daß er einen Becher aus Neusilber hineinsetzt, der den flüssigen Wasserstoff aufnimmt, sodaß dieser garnicht unmittelbar mit der Glaswand in Berührung kommt. Besondere Vorsichtsmaßregeln sind erforderlich, um plötzliche Druckschwankungen, die durch Verstopfung des Entlastungsventils hervorgerufen werden können, unschädlich zu machen. Als erster Ausgleich dient ein Quecksilberverschluß, der so eingerichtet ist, daß bei plötzlicher Druckzunahme das herausgeschleuderte Quecksilber wieder aufgefangen und an seinen Ort zurückgeführt wird. Bei noch größerer Drucksteigerung reißt eine geeignet angebrachte Gummimembran und läßt das Gas entweichen. Viel Sorgfalt ist darauf verwandt, daß alle Teile des Apparates, die auf Temperaturen unter dem Siedepunkte der Luft

abgekühlt werden, nur von Wasserstoff umspült werden. Hierbei spielt die Dichtung des ganzen Apparates eine wichtige Rolle, da sie es ermöglichen muß, ihn zu evakuieren, um ihn mit reinem, trocknem Wasserstoff zu füllen.

Die Kompression des Wasserstoffs erfolgt in zwei Stufen durch zwei langsam laufende Burckhardtsche Kompressoren, die das Gas Gasometern entnehmen. Da für einen regelmäßigen Betrieb des Verflüssigers Reinheit, nämlich Luftfreiheit und Trockenheit des Wasserstoffs Bedingung ist, so sind die Gasometer nicht mit Wasser, sondern mit Öl gefüllt. Dementsprechend sind auch die Kompressoren mit Öl gedichtet, sodaß der Wasserstoff nirgends mit größeren Mengen Wasser in Berührung ist. Die Trockenmittel brauchen bei dieser Behandlung des Gases nur selten erneuert zu werden.

Beim Aufbewahren des flüssigen Wasserstoffs in Gefäßen und beim Übergießen in ein anderes bedarf man besonderer Schutzvorrichtungen, um zu verhindern, daß die Luft mit ihm in Berührung kommt, da sie sofort erstarrt und als weißer Schnee in der sehr leichten Flüssigkeit vom spezifischen Gewichte $^1/_{14}$ niedersinkt. Fester Wasserstoff wird als weißer Schaum gewonnen, indem man den flüssigen unter vermindertem Drucke sieden läßt.

Als Kryostat wurde anfänglich der bereits früher beschriebene (vgl. *diese Zeitschr.* **27.** *S. 254. 1907*) gebraucht; doch zerbrach bald das Vakuumgefäß, glücklicherweise ohne die Meßapparate in Mitleidenschaft zu ziehen. Die Neukonstruktion läßt einen derartigen Bruch nicht mehr befürchten oder sichert, falls er dennoch eintreten sollte, jedenfalls die Meßapparate vor Schaden. Dies ist wesentlich dadurch erreicht, daß der flüssige Wasserstoff nicht unmittelbar in das Vakuumgefäß gefüllt wird, sondern in ein einfaches Glasgefäß, das sich in diesem befindet und von ihm noch durch einen Becher aus Neusilber getrennt ist. In ähnlicher Weise wie bei dem Verflüssiger ist auch hier dafür gesorgt, daß bei plötzlicher Drucksteigerung im Innern die Gase einen Ausweg finden. Durch diese Abänderungen ist der Apparat zwar dem Wasserstoff angepaßt, ist aber nicht für den Gebrauch in höheren Temperaturen unbrauchbar geworden, sondern kann mit Bädern von Methylchlorid, Äthylen, Methan, Sauerstoff und Wasserstoff für Temperaturen von -23^0 bis -259^0 gebraucht werden. Erniedrigt man den Druck unter 54 *mm*, um diese untere Grenze zu überschreiten, so beginnt bereits fester Wasserstoff sich abzuscheiden.

Im Anschluß hieran berichtet der Verf. über die Einrichtungen des Leidener Laboratoriums zur Gewinnung der flüssigen Luft. Das Laboratorium bedient sich noch immer zur Erreichung tiefer Temperaturen des doppelten Zykels: es wird zunächst Methylchlorid (später Äthylen) verflüssigt und durch Verdampfenlassen desselben bei niederem Drucke eine so tiefe Temperatur erzeugt, daß Sauerstoff verflüssigt wird. Mit Hülfe des so gewonnenen Gases kann in gleicher Weise dann die Luft verflüssigt werden. Die Methoden sind vermutlich noch bedeutend verbesserungsfähig.

Zum Schlusse folgt noch eine Bemerkung über die Gewinnung reinsten Wasserstoffs durch Destillation von minder reinem. Aus einem Vakuumgefäß wird der flüssige Wasserstoff in ein anderes Gefäß überdestilliert, das durch flüssigen, unter vermindertem Drucke siedenden Wasserstoff gekühlt ist. Aus diesem wieder läßt man ihn langsam in das mit dem reinsten Gase zu füllende Gefäß überdestillieren. *Hffm.*

Interferenzerscheinungen im reflektierten Lichte an versilberten Platten.

Von M. Hamy. *Journ. de phys.* **5.** *S. 789. 1906.*

Beobachtet man mit homogenem Licht an nahezu planparallelen, von unversilberten Glasflächen begrenzten Luftplatten die Interferenzerscheinungen im reflektierten Lichte, so haben bekanntlich bei nicht zu großen Dicken der Luftplatten die Minima der Lichtintensität im Interferenzbilde den Wert Null, und man erhält die Haidingerschen Interferenzringe gleicher Neigung sowie die Fizeauschen Interferenzstreifen gleicher Dicke als dunkle Fransen auf hellem Grunde. Werden dagegen von versilberten Glasflächen gebildete Luftplatten benutzt, so können die Interferenzfransen je nach den Dicken der Silberschichten ein sehr verschiedenartiges Aussehen annehmen. Die Beschaffenheit der auf solche Weise

erzeugten Interferenzfransen untersucht nun der Verf. qualitativ, und zwar theoretisch und experimentell, wobei er sich aber auf den Fall beschränkt, daß die der Lichtquelle abgewandte Silberschicht das auffallende Licht praktisch vollkommen reflektiert, also undurchsichtig ist.

Es zeigt sich, daß das Aussehen der Interferenzfransen von der undurchsichtigen Silberschicht nicht abhängt, sodaß sie auch durch einen Spiegel aus irgend einer Substanz ersetzt werden kann, sofern dieser nur das Licht nahezu vollständig reflektiert. Die Intensitätsverteilung im Interferenzbilde variiert dagegen stark mit den Reflexionskoeffizienten der anderen durchsichtigen Silberschicht sowie den Phasensprüngen an dieser, welche das Licht bei den Reflexionen an der Silberschicht bezw. bei dem Hindurchtreten durch diese erleidet. Es sei h die Verzögerung der Wellen bei der Reflexion an der durchsichtigen Silberschicht in Glas, h_2 diejenige bei der Reflexion in Luft und h_1 diejenige beim zweimaligen Durchlaufen der Silberschicht (d. h. je einmal in jeder der beiden Richtungen). Dann sehen z. B. die Interferenzringe symmetrisch aus, wenn der Gangunterschied $l = h_1 - h_2 - h$ ein ganzes Vielfaches der halben Wellenlänge beträgt, d. h. $l = N \frac{\lambda}{2}$ ist, wo λ die Wellenlänge und N eine ganze Zahl bedeutet.

In diesem Falle ist die Breite der Maxima der Fransen geringer als diejenige der Minima, wenn $l = 2N \frac{\lambda}{2}$ wird, während die letzteren die geringere Breite besitzen, sobald $l = (2N + 1) \frac{\lambda}{2}$ ist. Dabei sind im ersteren Falle die Maxima, im zweiten die Minima um so feiner, je stärker die durchsichtige Silberschicht reflektiert. Ist ihr Reflexionsvermögen etwa gleich 0,3, so beträgt die Breite der Maxima ungefähr $^2/_3$ derjenigen der Minima. Bei einem Reflexionsvermögen von nahe 0,5 ist die Breite der Maxima nur noch $^1/_{10}$ derjenigen der Minima; man erhält dann also helle Linien auf dunklem Grunde, ähnlich der Interferenzerscheinung, welche Pérot und Fabry mit versilberten Luftplatten im durchgehenden Lichte erzeugen. Bei einem Reflexionsvermögen von etwa 0,9 ergeben sich äußerst feine Minima, ähnlich den schwarzen Sonnenlinien, welche ein Rowlandsches Gitter liefert.

Die Versuche ergaben noch das bemerkenswerte Resultat, daß die Beziehung $l = N \frac{\lambda}{2}$ sehr nahe gleichzeitig für alle Wellenlängen erfüllt ist.

Die obigen Erscheinungen gelten in gleicher Weise auch für die Fizeauschen Interferenzstreifen, sobald man sie in möglichster Schärfe nach der bekannten Methode erzeugt.

Schck.

Die beim beidäugigen Sehen durch optische Instrumente möglichen Formen der Raumanschauung.

Von M. v. Rohr. *Sitzungsber. d. Münch. Akad.* ***36.*** *S. 487. 1906.*

Über Einrichtungen zur subjektiven Demonstration der verschiedenen Fälle der durch das beidäugige Sehen vermittelten Raumanschauung.

Von Demselben. *Zeitschr. f. Sinnesphysiologie* ***41.*** *S. 408. 1907.*

Die beiden Arbeiten M. v. Rohrs behandeln die Wirkungsweise der optischen Instrumente, wobei die erste vorzüglich die Theorie, die zweite eine Reihe von Einrichtungen zur Demonstration der Ergebnisse zum Gegenstande hat. Sie erscheinen als natürliche Fortsetzung der Gedankenreihen, die derselbe Autor zuerst gelegentlich in zwei Arbeiten über spezielle Instrumente[1]) zu entwickeln begann, sodann in seinen Beiträgen zum „Handbuch der Physik" ausführlicher dargestellt hat[2]).

---

[1]) M. v. Rohr, Zur Geschichte und Theorie des photographischen Teleobjektivs. Weimar, K. Schwier 1897; Derselbe, Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs. Berlin, J. Springer 1899.

[2]) S. Czapski, Grundzüge der Theorie der optischen Instrumente nach Abbe. Hrsg. v. O. Eppenstein. Aus: Winkelmanns „Handbuch der Physik". 2. Aufl. Leipzig, J. A. Barth 1904. *Bd. VI, Kap. VIII A.*

Die Wirkung der beidäugigen Instrumente (als deren Spezialfall die einäugigen gelten können) ist die „Vermittelung einer Raumanschauung". Das Verständnis dieser Wirkung wird wesentlich erleichtert durch die Teilung der Untersuchung in die Prüfung der beiden Hauptfragen, die wir als die objektive und als die subjektive bezeichnen könnten:

a) *Was* sehen wir in den optischen Instrumenten? (Oder wodurch bestimmt sich der *Inhalt* der Netzhautbilder?)

b) Welchen Eindruck erzeugen die so bestimmten Bilder, verglichen mit dem freien Sehen?

Die erste (objektive) Unterfrage war prinzipiell gelöst in jenem der geometrischen Optik Abbes eigentümlichen Kapitel, das die von seinen Vorgängern nur in Einzelfällen untersuchte Wirksamkeit der Blenden behandelt. M. v. Rohr bedient sich aber dieser „Theorie der Strahlenbegrenzung" in einer ihm eigentümlichen Form, deren folgerichtige Anwendung auch die Ergebnisse der beiden vorliegenden Arbeiten gezeitigt hat.

Seine Methode umfaßt nahezu alle Fälle der Benutzung optischer Instrumente. Diese sind nämlich meistens dazu bestimmt, einen *Raum* auf einer *Fläche* darzustellen, eine Aufgabe, die stets scharf von der viel häufiger betrachteten „optischen Abbildung" unterschieden werden sollte[1]). Diese flächenhafte Darstellung wird physisch durch die „Aperturblende" bewirkt, die nach Abbe theoretisch sowohl durch die „Eintritts"- als auch die „Austrittspupille" ersetzbar ist. M. v. Rohr wählt hierbei stets die Eintrittspupille; er läßt den Übergang vom Körperlichen (dem Objektrelief) in die flächenhafte Zeichnung bereits im Objektraume vor sich gehen: die Eintrittspupille, von sämtlichen Objektpunkten aus auf die einzige scharf abgebildete Fläche (die „Einstellungsebene") projiziert, ergibt dort das „objektseitige Abbild", das nun vom Instrument nach den gewöhnlichen dioptrischen oder katoptrischen Gesetzen an anderer Stelle und in anderem Maßstabe reproduziert wird, ohne daß das als aberrationsfrei vorausgesetzte Instrument etwas zu ändern vermöchte an der Art und Weise, wie der Raum durch eine flächenhafte Zeichnung dargestellt wurde, d. h. an der Perspektive und an der Verundeutlichung[2]) nicht eingestellter Objekte. Die Theorie der Perspektive und der Schärfe der Tiefe gewann hierdurch die einfachste Form.

Hieraus leitet M. v. Rohr drei mögliche Arten der perspektivischen Darstellung durch optische Instrumente ab. Die Eintrittspupille liegt gewöhnlich wie beim freien Sehen im Sinne der Lichtrichtung hinter den Objekten; nähere Gegenstände erscheinen größer. Der Strahlengang ist „entozentrisch". Abbe hat bereits den zweiten Fall, den „telezentrischen Strahlengang", beschrieben, bei dem die Eintrittspupille, also der Augenpunkt der perspektivischen Zeichnung, ins Unendliche gerückt ist, diese Zeichnung daher eine Parallelprojektion darstellt, in der die Entfernung ohne Einfluß auf die Größe der Wiedergabe der Objekte ist. In dem dritten, von M. v. Rohr hinzugefügten Falle des „hyperzentrischen Strahlenganges" liegt die Eintrittspupille vor den Objekten: entferntere Gegenstände erscheinen unter größeren Gesichtswinkeln. Auch die Einstellungsebene wird nun, wenn sie wie gewöhnlich[3]) durch die Objekte hindurchgeht, hinter der Eintrittspupille liegen müssen.

---

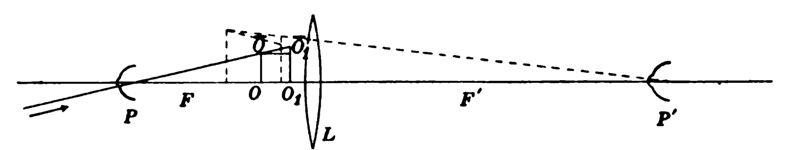
[1]) Hierüber und über das Zustandekommen der zweidimensionalen Zeichnung aus dem Objekt-Relief möchte der Ref. auf seine Darstellung im „Handbuch der Physik" (vgl. das *S. 349, Anm. 2* zitierte Werk *Bd. VI 1, Kap. VII B*) verweisen.

Bei seiner Darstellung der Theorie der Strahlenbegrenzung im Jahre 1871 hatte Abbe stets das Mikroskop vor Augen, bei dem die Objekte nur eine geringe Tiefenausdehnung haben; infolge dieses Zufalls unterblieb die Ergänzung der Abbeschen Theorie durch die Einführung der „Einstellungsebene" bis zum Jahre 1897; und auch dann ist ihre Wichtigkeit nicht sogleich erkannt worden.

[2]) wenn wir hierunter das Verhältnis zwischen der Größe der Zerstreuungskreise nicht eingestellter Objektpunkte zur Bildgröße dieser Objekte verstehen.

[3]) Die Lage der Einstellungsebene ist übrigens ganz gleichgültig für die Perspektive. Auch im Glaskörper des Auges liegende Körperchen werden in hyperzentrischer Perspektive dargestellt. Hier liegt die Einstellungsebene vor der Eintrittspupille; aber die (virtuellen) Objekte liegen dahinter, wodurch die Bedingung des hyperzentrischen Strahlenganges erfüllt ist.

Da aber schließlich die Austrittspupille als Augenort hinter der Bildebene liegen muß, so muß die Brennebene des Bildraumes zwischen Bild und Auge liegen. Denn Punkte, die nicht durch die Brennebene getrennt sind, werden in derselben Reihenfolge vom Licht durchlaufen werden wie die ihnen konjugierten. (Die optischen Abbildungen sind rechtläufig.) Zur Verwirklichung dieses Strahlengangs genügt eine Linse, in weniger als Brennweitenabstand hinter das Objekt gestellt, von der man das Auge um erheblich mehr als die Brennweite entfernt. Man wird am besten eine Linse oder einen entsprechend aufgestellten Hohlspiegel von möglichst großem Öffnungsverhältnis wählen. Die überraschende Wirkung der unnatürlichen Perspektive tritt bei regelmäßigen Körpern am besten hervor und kann photographisch festgehalten werden, wenn man an die Stelle des Augenorts die Eintrittspupille eines photographischen Objektivs bringt. Es ist merkwürdig, daß diese dritte und letzte Möglichkeit der Zentralprojektion nicht früher bemerkt worden ist.



Schematische Darstellung des hyperzentrischen Strahlenganges durch die Wiedergabe des Meridianschnitts. Linse L mit den Brennpunkten F und F' ist vor dem als Objekt dienenden Würfelskelett $O\,O_1\,\bar{O}_1\,\bar{O}$ aufgestellt. P Objektauge, P' Auge im Bildraum. Die auf den Objektraum bezüglichen Geraden sind ausgezogen, die den Bildraum betreffenden gestrichelt.

Die zweite Unterfrage (die oben die subjektive genannt wurde) ist viel seltener untersucht worden. Ihre Beantwortung oder die Behandlung des *Auges in Verbindung mit dem Instrument* scheint trotz zahlreicher älterer Ansätze und der Durchführung einzelner Probleme in Helmholtz' „Physiologischer Optik“ bisher nirgends geleistet worden zu sein.

Wir können die Antwort kurz so zusammenfassen: Da der Inhalt und die relativen Größenverhältnisse des Bildes, wie erwähnt, auf der „Einstellungsebene“ sozusagen bereits fertig sind, so kann die Wirkung auf den Beschauer nur von der relativen Lage von Bild und Auge abhängen.

Diese Wirkung ist nicht eindeutig. Weil schon das objektseitige Abbild aus verschiedenen Objekträumen entstanden sein könnte, so ist auch der Eindruck, den das daraus entstandene Bild (das „bildseitige Abbild“ M. von Rohrs) macht, also das in der Vorstellung entstehende Bildrelief auch bei gegebener Lagenbeziehung dieses Bildes zum Auge nicht eindeutig gegeben. Aber nur bei einer Lagenbeziehung ist der „richtige“ Eindruck, derselbe, der beim freien Sehen entsteht, überhaupt möglich.

Die verschiedenen Möglichkeiten der „Erscheinung des Bildes“ kann man beim einäugigen Sehen zunächst einteilen in die aufrechte, verkehrte und die spiegelverkehrte. In jedem von diesen Fällen muß ferner der Eindruck verschieden sein; je nach der Entfernung des Bildes vom Auge.

Bezeichnen wir die Winkel zwischen der optischen Achse des Instruments und den von der Eintrittspupille nach den einzelnen Objektpunkten gezogenen Linien mit w, die bildseitig entsprechenden Winkel, also etwa die zwischen der Hauptblickrichtung und den Blickrichtungen nach den einzelnen Bildpunkten, mit w', so können wir sagen, daß die oben aufgezählten Erscheinungsformen der einäugigen Betrachtung bestimmt sind durch die Beziehung zwischen entsprechenden Winkeln w und w'. Haben diese gleiches Vorzeichen, so erscheint das Bild aufrecht, haben sie verschiedenes, erscheint es umgekehrt, und spiegelverkehrt, wenn sie in einem Azimut dasselbe, in einem darauf senkrechten verschiedenes Vorzeichen haben[1]). Denselben Eindruck, den das Objektrelief im freien Sehen macht, kann man durch das Instrument nur bei Gleichheit von w und w' erhalten; bei Ungleichheit entstehen andere Eindrücke, denen der Verstand andere unwirkliche Objektreliefs zugrunde legen müßte, wenn er nicht häufig der Erfahrung gegen die Wahrnehmung folgte; jedenfalls pflegt

[1]) Die Fälle gedrehter oder schief liegender Bilder schließen wir aus.

er sich unter den verschiedenen möglichen für das der Gewohnheit am wenigsten widersprechende zu entscheiden.

Statt in dieser Weise den durch das Instrument vermittelten Eindruck durch die Beziehung zwischen den w und w', also zwischen dem „objektseitigen und bildseitigen Abbild“, zu erklären, kann man auch als ein anderes gleichwertiges Kriterium die Beziehung zwischen dem objektseitigen und bildseitigen Projektionszentrum wählen: man denkt sich das betrachtende Auge in den Objektraum abgebildet und vergleicht das so entstehende „Objektauge“ mit dem wirklichen. Ist das Objektauge aufrecht, umgekehrt, spiegelverkehrt, so erscheinen auch die Gegenstände, durch das Instrument betrachtet, in entsprechender Weise verändert; sie erscheinen vergrößert, wenn das Objektauge kleiner ist als das wirkliche und verkleinert, wenn es größer ist. Denn das Größenverhältnis des Objektauges zum wirklichen ist nach bekannten Sätzen gleich w'/w. Den richtigen Eindruck kann man also durch das Instrument nur dann erhalten, wenn das Objektauge nach Größe und Lage mit dem wirklichen übereinstimmt.

Beim beidäugigen Sehen kommt der Eindruck eines Reliefs durch denselben Vorgang zustande wie beim einäugigen: es wird beiden Augen wie oben einem einzigen je eine flächenhafte Zeichnung dargeboten, nämlich das Bild, das das Instrument vom objektseitigen Abbild entwirft (beim freien Sehen das objektseitige Abbild selbst in der Einstellungsebene des Auges)[1]). Durch diese zweidimensionalen Gebilde erst wird wie beim einäugigen Sehen der räumliche Eindruck erzeugt. Dieser Eindruck, das Bildrelief, wird hier beim beidäugigen Sehen — wenigstens beim Vorhandensein eines bestimmten Gefühls für den Konvergenzwinkel der Augen (s. u.) — aber auch nur in diesem nur annähernd verwirklichten Falle, *eindeutig* durch Lage und Größe der objektseitigen Abbilder bestimmt.

Diese eindeutige Beziehung zwischen dem Eindruck und dem Objektrelief veranlaßt oft zu der unklaren Ausdrucksweise, daß mit beiden Augen „der Raum gesehen würde“. Vielmehr wird auf Grund des flächenhaften Sehens beider Augen ähnlich wie auf Grund des einäugigen Sehens „der Raum vorgestellt“; nur daß beim binokularen Sehen diese Vorstellung zwingend und im oben genannten Falle eindeutig ist.

Die verschiedenen Arten des Eindrucks, die von binokularen Instrumenten erzeugt werden können, teilt man seit langem in zwei Hauptklassen: die des orthoskopischen und des pseudoskopischen Bildreliefs, je nachdem die Tiefendimension gegen das Objektrelief unverändert oder umgekehrt ist. In jedem der beiden Fälle kann aber das Bildrelief eines binokularen Instruments noch sehr verschiedene Eigenschaften oder Abweichungen vom Objektrelief aufweisen.

Die geometrischen Größen, die das Bildrelief bestimmen, sind auch beim zweiäugigen Sehen sofort angebbar: *Was* jedes einzelne Auge sieht, ist durch die beiden Eintrittspupillen bestimmt; wieder kann nur die Lagenbeziehung zwischen den (bildseitigen) Abbildern und den Augen den Eindruck bestimmen. Diese ist gegeben durch die Winkel w' und durch die Konvergenz der Augen, d. h. den Winkel, den die Blickrichtungen beim Betrachten eines Paares identischer Punkte auf den Abbildern einschließen (v'). Nennen wir v den Winkel, den die von den Eintrittspupillen nach dem entsprechenden Objektpunkte zielenden Linien einschließen, so muß der Eindruck oder das Bildrelief mit dem Objektrelief vergleichbar sein, wenn man die w' mit den w, den Winkel v' mit v vergleicht. M. v. Rohr hat besonders darauf hingewiesen, daß zur Erreichung des richtigen Eindrucks, eines dem Objektrelief gleichen Bildreliefs, Gleichheit nicht nur von v und v', sondern auch von w und w' notwendig ist, und daß daher jedes vergrößernde Instrument ($w' > w$) einen falschen Eindruck liefern muß. Doppelfernrohre liefern danach dieselbe Fälschung des Reliefs („Porrhallaxie“), ob sie

[1]) Die Akkommodation kompliziert die Betrachtung insofern, als man nicht mehr von der Einstellungsebene reden kann: das Wesentliche der Betrachtungsweise ändert sie aber nicht; man hätte bei ihrer Berücksichtigung statt des objektseitigen Abbilds das von der Mitte der Eintrittspupille divergierende Strahlenbüschel zu setzen, das eine zweifache Mannigfaltigkeit ist, die ebenfalls die dreifache des Raumes nicht ersetzen, sondern nur „darstellen“ kann.

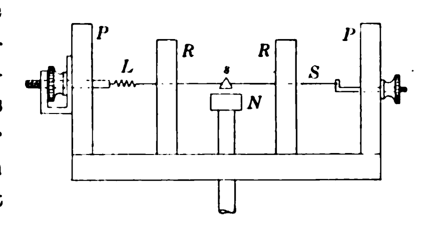
mit vergrößertem Objektivabstande arbeiten oder nicht. Die Eigenschaften des Bildreliefs, die durch $w' \gtrless w$ und durch $v' \gtrless v$ entstehen, waren analytisch bereits von Helmholtz untersucht worden (Physiol. Optik, *S. 815—820*). Es ist merkwürdig, daß Helmholtz trotzdem 1866 zu dem leider auch jetzt[1]) noch oft benutzten falschen Satze gelangen konnte, nach dem Fernrohrvergrößerung, kombiniert mit gleicher Vergrößerung des Objektivabstandes, den richtigen Eindruck erzeugen soll, obwohl er ihn neun Jahre vorher ausdrücklich abgelehnt hatte.

Der Hauptunterschied der Wirkungsweise binokularer Instrumente, der des orthoskopischen oder pseudoskopischen Eindrucks, muß natürlich auch durch Beziehungen zwischen v' und v und zwischen w' und w zu bestimmen sein. Aber diese Bestimmung ist verwickelt; und nachdem Abbe in einem Spezialfall[2]) ein überraschend einfaches Kriterium der Orthoskopie angegeben hatte, suchte M. v. Rohr ein solches für alle binokularen Instrumente zu gewinnen. Er fand ein solches mit Benutzung der oben eingeführten „Objektaugen“: Sind die Nasenseiten der Objektaugen einander zugekehrt, so ist der Eindruck orthoskopisch, pseudoskopisch, wenn sie voneinander abgewendet sind. Er bezeichnet den ersten Fall als den der orthopischen, den zweiten als den der chiastopischen (gekreuzten) Augenstellung. Zwischen beiden stellt sich als Übergangsfall der des Zusammenfallens der beiden Objektaugen, der „synopischen“ Augenstellung, dar. „Einheitlich wirkende“ optische Instrumente vermögen infolge der Stetigkeit der Abbildung nur die „orthopische“ Stellung der Objektaugen herbeizuführen. *O. Eppenstein.*

Über ein Elektrometer von kurzer Schwingungsdauer.

Von E. T. Jones. *Phil. Mag.* **14.** *S. 238. 1907.*

Jones hat ein Fadenelektrometer konstruiert, das in manchen Fällen an Stelle eines Oszillographen gebraucht werden kann. Es besteht aus einem dünnen Draht S aus Phosphorbronze, der zwischen zwei Hartgummilagern P durch eine Feder L gespannt gehalten wird. Zwei Glasstreifen R begrenzen eine Strecke des Drahtes, die das bewegliche System bildet. An den Ablenkungsdraht werden zwei dünne Kupferbleche mit ihren scharfen Kanten bis auf Bruchteile eines Millimeter herangeschoben (in der Figur nicht sichtbar). Das eine Kupferblech ist mit dem Draht verbunden, das andere isoliert; zwischen beide wird die aufzunehmende Spannung gelegt, d. h. der Apparat wirkt wie ein Elektrometer in idiostatischer Schaltung. In der Mitte des Drahtes ist ein sehr kleiner dreieckiger oder viereckiger Spiegel s (von 1 bis 2 *qmm* Fläche) befestigt, gegen den von unten her ein Hartgummitischchen N geschraubt wird, bis eine Kante des Spiegels aufliegt. Wird nun der Draht abgelenkt, so führt das Spiegelchen eine Drehung aus. Der ganze Apparat wird in ein Ölgemisch von passender Viskosität gesetzt.



Die Theorie des Apparates ist fast genau dieselbe wie die der Oszillographen, auch die Optik zur Sichtbarmachung oder zum Photographieren der Kurven bietet nichts Neues (vgl. *diese Zeitschr.* **17.** *S. 376. 1897*). Angaben über die Eigenfrequenz des beweglichen Systems und über Empfindlichkeit werden nicht gemacht. Der Apparat ist so eingerichtet, daß gleichzeitig die Schwingungen einer Stimmgabel photographiert werden können.

Der Verf. benutzte den Apparat, um die Schwingungen eines aus Kondensator und Selbstinduktion bestehenden Kreises an den Polen des Kondensators aufzunehmen. Die aus den Konstanten des Schwingungskreises berechnete Schwingungsdauer wird mit den direkt gemessenen Werten verglichen, die Resultate stimmen gut miteinander; die maximale Frequenz betrug hierbei 600. *E. O.*

---

[1]) Vgl. Martin, *Centralztg. f. Opt. u. Mech.* **28.** *S. 15. 1907.*

[2]) für binokulare Instrumente mit gemeinsamem Objektiv, insbesondere binokulare Mikroskope.

Über die Messung gegenseitiger Induktionskoeffizienten mit Hülfe des Vibrationsgalvanometers.

Von A. Campbell. *Phil. Mag.* ***14.*** *S. 494. 1907.*

Zur Messung gegenseitiger Induktionskoeffizienten benutzt der Verf. eine von Carey Foster angegebene Methode. Während aber diese Methode ursprünglich die Anwendung eines ballistischen Galvanometers verlangt, verwendet der Verf. ein Vibrationsgalvanometer, ein Instrument, das in Deutschland weit verbreiteter ist als in England. An Stelle des Rubensschen Vibrationsgalvanometers (vgl. auch *diese Zeitschr.* ***21.*** *S. 309. 1901*) hat er eine neue Form konstruiert, die sich dadurch von den früheren unterscheidet, daß der Stromleiter das bewegliche System bildet, d. h. die neue Form unterscheidet sich von den früheren wie der Nadeloszillograph von dem bifilaren Oszillographen.

Fig. 1.

Eine bewegliche Spule a (Fig. 1) befindet sich im Luftraum eines permanenten oder Elektro-Magneten. Sie wird unten durch einen Seidenfaden b gehalten, während sie oben bifilar durch zwei Drähte getragen wird, die durch eine Feder c gespannt werden können. Die bifilaren Drähte sind über einen Steg d geführt. Durch Verstellen dieses Steges und Spannen der Feder kann die Eigenfrequenz des beweglichen Systems in weiten Grenzen (50 bis 700) in bequemer Weise verändert werden.

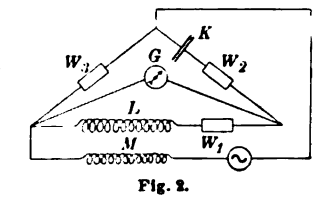


Fig. 2.

Fig. 2 zeigt das Schema der Carey Foster-Methode; W_1 W_2 W_3 sind Widerstände, L ist der Koeffizient der Selbstinduktion, M der Koeffizient der gegenseitigen Induktion, K eine Kapazität. Gleichgewichtsbedingungen für das Vibrationsgalvanometer sind

$$M = K\,W_1\,W_3 \qquad L = M\,\frac{W_3 + W_2}{W_3},$$

d. h. wenn L kleiner als M ist, so muß zu L eine bekannte Selbstinduktion als Ballast hinzugefügt werden. Am besten läßt man W_3 konstant und reguliert mit W_1 und W_2, weil dann durch Verändern eines dieser letzteren Widerstände nur eine der beiden Gleichgewichtsbedingungen betroffen wird.

Ein umfangreicheres Zahlenmaterial wird nicht mitgeteilt; die erreichte Genauigkeit beträgt etwa 2 bis 3 Zehntausendstel. *E. O.*

Ein Verfahren zur Schlüpfungsmessung an Asynchronmotoren.

Von H. Schultze. *Elektrotechn. Zeitschr.* ***28.*** *S. 557. 1907.*

Es handelt sich um ein stroboskopisches Verfahren zur Schlüpfungsmessung[1]), dem folgende physikalische Erscheinung[2]) zugrunde liegt. Taucht man zwei Platinspitzen, die mittels einer Hochspannungsbatterie auf entgegengesetzt gleichen Potentialen gehalten werden, so in ein Gefäß mit destilliertem Wasser, daß die Wasseroberfläche gerade berührt wird, so wird das Wasser an beiden Elektroden etwas emporgehoben, und zwar an der negativen lektrode verhältnismäßig stark, an der positiven viel schwächer. Die Entstehung dieser Menisken an der Grenze zwischen zwei Dielektriken verschiedener Dielektrizitätskonstante (Luft 1, Wasser 80) erklärt sich aus der bekannten Erscheinung, daß ein Dielektrikum mit höherer Dielektrizitätskonstante möglichst viele Kraftlinien eines elektrischen Feldes in sich zu vereinigen strebt. Die polare Verschiedenheit der Menisken hängt mit elektrischen Konvektionsströmungen in der Flüssigkeit zusammen.

[1]) Benischke, *Elektrotechn. Zeitschr.* ***20.*** *S. 143. 1899*; Schweitzer, *ebenda* ***22.*** *S. 947. 1901*; Simek, *ebenda* ***22.*** *S. 1019. 1901*; Benischke, *ebenda* ***25.*** *S. 392. 1904*; Bellini, *ebenda* ***25.*** *S. 730. 1904*; Thoresen, *ebenda* ***25.*** *S. 640. 1904.*

[2]) H. Schultze, Tätigkeitsberichte der Reichsanstalt für 1905 und 1906. *Diese Zeitschr.* ***26.*** *S. 150. 1906*; ***27.*** *S. 151. 1907.*

Taucht man in ein zylindrisches Glasgefäß G (Fig. 1) von etwa 20 *cm* Durchmesser und 10 *cm* Höhe eine Elektrode B aus Stanniol, die mit Hülfe von Glasklammern C an die Gefäßwand gedrückt wird, und eine drahtförmige Elektrode A aus Platin, die die Wasseroberfläche gerade berührt, und legt man an die beiden die Pole einer Wechselspannung, so muß das Wasser während jeder negativen Spannungsphase stark, während jeder positiven schwächer an dem Platindraht emporsteigen und wieder heruntersinken. Das Ergebnis dieser Erscheinung ist, daß ein System fortschreitender ringförmiger Oberflächenwellen von der doppelten Frequenz der erzeugenden Wechselspannung von dem Platindraht ausgeht, und daß je zwei aufeinanderfolgende Kapillarwellen sehr verschiedene Amplituden haben. An der großen ringförmigen Elektrode kommen wegen der viel geringeren Dichte der Kraftlinien keine Wellen merklicher Amplitude zustande.

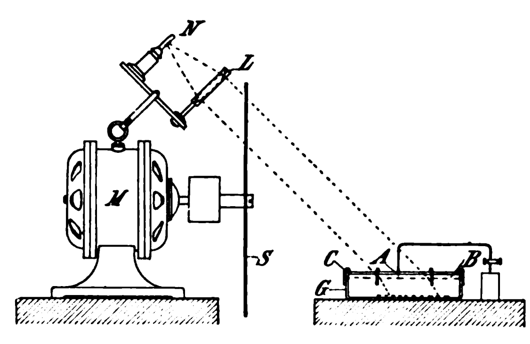
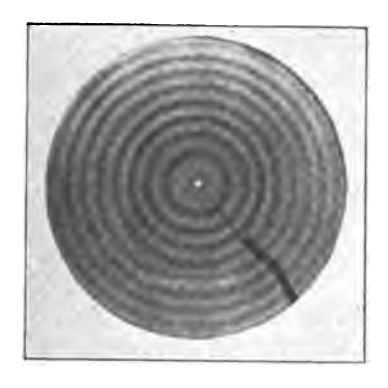


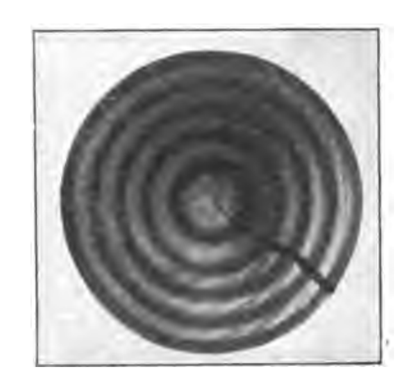
Fig. 1.
Anordnung zur Messung der Schlüpfung.

Beleuchtet man die Flüssigkeitsoberfläche nach je $1/2n$ Sekunden, wo n die Frequenz der angelegten Wechselspannung ist, so erhält man ein ruhendes ringförmiges Kapillarwellensystem, wie es Fig. 2 zeigt.

Beleuchtet man die Wasseroberfläche momentan nach je $1/n$ Sekunde, so erhält man ein ruhendes System, das sich von dem vorigen dadurch unterscheidet, daß sich die erwähnte Verschiedenheit je zweier aufeinanderfolgender Wellen scharf ausprägt.

Beleuchtet man nicht momentan, sondern etwas länger, am besten so, daß die Wasseroberfläche in je $1/n$ Sekunde etwa $1/2n$ Sekunden beleuchtet und etwa ebensolange nicht beleuchtet ist, so tritt eine besondere stroboskopische Erscheinung ein. Es wird ein System von


Fig. 2.


Fig. 3.

Photographische Wiedergabe der Projektion des Ringsystems ($^4/_7$ nat. Gr.).

Wellen gleicher Amplitude vorgetäuscht, das die doppelte Wellenlänge besitzt wie das in Fig. 2 dargestellte, also ein Wellensystem von der Frequenz des erzeugenden Wechselstroms (Fig. 3).

Für die Schlüpfungsmessung verwandt werden die Kapillarwellen in folgender Weise. Auf den Rotor des Motors M (Fig. 1) wird eine stroboskopische Scheibe S gesetzt, die, je nachdem man die kurzen oder die langen Wellen verwenden will, doppelt soviel oder ebensoviel Schlitze besitzt, als der Motor Pole hat. Im zweiten Falle ist darauf zu achten, daß die Schlitze die richtige Breite haben (s. oben). Durch die Schlitze der Scheibe fällt ein paralleles Lichtbündel, das durch die Gleichstrom-Nernst-Lampe N und die Linse L erzeugt ist, und projiziert die Oberflächenwellen auf eine auf den Boden des Gefäßes G gelegte weiße Porzellanscheibe.

Liefe der Rotor synchron mit dem vom speisenden Wechselstrom erzeugten Drehfeld, so müßte das betreffende Wellensystem ruhend erscheinen. Da der Rotor infolge der Schlüpfung tatsächlich langsamer läuft, so scheint das Wellensystem von der Elektrode A fortzuwandern. Gehen a dunkle Ringe pro Sekunde an einer auf der Porzellanplatte angebrachten scharfen Marke vorüber, so ist bei Verwendung der kurzen Wellen die Schlüpfung in Prozenten

$$s = \frac{a}{2n} 100,$$

bei Verwendung der langen Wellen

$$s = \frac{a}{n} 100.$$

Ist, wie gewöhnlich in der Praxis, $n = 50$, so gestatten die kurzen Wellen, Schlüpfungen bis 4%, die langen Wellen, Schlüpfungen bis 8% zu messen. Da die langen Wellen recht scharf begrenzt sind (Fig. 3), so empfiehlt es sich, auch für die Messung kleiner Schlüpfungen diese zu verwenden.

Geeignet für die Beobachtung sind die Kapillarwellen auf Wasser von 200 bis 4000 Volt Spannung zwischen den Elektroden, am besten bei 500 Volt. Bei der Untersuchung von Motoren mit kleinerer Betriebsspannung als 200 Volt empfiehlt es sich, die an die Elektroden des Wassergefäßes zu legende Spannung mittels eines kleinen Spannungstransformators auf etwa 500 Volt heraufzutransformieren. Handelt es sich um Motoren mit Betriebsspannungen von mehr als 500 Volt, so setzt man die Spannung am Gefäß durch Vorschalten eines Wasserwiderstandes auf etwa 500 Volt herunter. Es ist klar, daß man, wenn man nur genügend große Vorschaltwiderstände wählt, unter gleichbleibend günstigen Bedingungen Schlüpfungsmessungen bis zu den höchsten Betriebsspannungen ausführen kann.

Bei der Erzeugung der Kapillarwellen wird eine sehr geringe Energie verbraucht, bei Verwendung des angegebenen Wassergefäßes für eine Betriebsspannung von 500 Volt etwa 0,15 Watt, für eine solche von 5000 Volt etwa 1,5 Watt u. s. w.

Bei sehr hohen Spannungen benutzt man vorteilhaft Terpentinöl als dielektrische Flüssigkeit. Dieses Öl wird während der positiven Spannungsphase bedeutend höher an der Drahtelektrode emporgehoben als während der negativen Spannungsphase. Die Wellen sind etwas kürzer wie auf Wasser. Die übrigen Erscheinungen sind dieselben. Das günstige Meßbereich liegt hier zwischen 5000 und 8000 Volt. Bei höheren Spannungen benutzt man einen Vorschaltwiderstand aus Terpentinöl. Der Energieverbrauch ist bei dem hohen Isolationswiderstande dieses Öles fast Null.

Die Kapillarwellen lassen sich auch zur Bestimmung der Polwechselzahl von Wechselströmen, besonders solchen von *hoher* Spannung, wenn die Erzeugermaschine nicht zugänglich ist[1]), mit Vorteil benutzen. *H. Sch.*

Neu erschienene Bücher.

Arthur Schuster, Einführung in die theoretische Optik. Autorisierte deutsche Ausg., übersetzt von Prof. H. Konen. gr. 8°. XIV, 413 S. m. 2 Taf. u. 186 Fig. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner 1907. 12 M.; geb. in Leinw. 13 M.

Es ist sehr erfreulich, daß ein englisches Lehrbuch der Optik durch seine Übersetzung den deutschen Physikern nähergebracht ist, denn in den Arbeiten englischer Autoren finden sich vielfach wertvolle, in unseren Lehrbüchern meist nicht recht gewürdigte Gesichtspunkte, sodaß dies Buch, welches namentlich Lord Rayleighs Ideen verbreiten helfen will (natürlich hat der Verfasser auch viel von seinen eigenen mit hineingearbeitet), sehr gute Dienste leisten kann. Um nur weniges dieser Art vorzuführen, wollen wir darauf hinweisen, daß die Gleichheit des Reflexionsvermögens einer spiegelnden Fläche nach beiden Seiten und

[1]) Benischke, *Elektrotechn. Zeitschr.* **20.** *S. 143. 1899.*

die Notwendigkeit des Phasensprunges π bei der Spiegelung aus dem Umkehrungsprinzip abgeleitet wird; daß in der Theorie der optischen Instrumente weniger auf die theoretisch nicht sehr wichtige Lehre von den Abbildungsfehlern, um so mehr aber auf das Auflösungsvermögen und die Helligkeit der Bilder eingegangen wird; daß ferner ein längerer Abschnitt über die notwendige Genauigkeit der Linsenflächen, ein anderer über die Gruppengeschwindigkeit handelt. Noch wesentlicher erscheint es mir, daß, während in unseren Lehrbüchern immer noch die alte Fresnelsche Erklärung des unpolarisierten Lichts als eine unregelmäßige Folge von Schwingungsellipsen verschiedener Lage und Form ihr Wesen treibt, hier von vornherein der einzig richtige, weil die Beobachtungen hypothesenfrei beschreibende und der mathematischen Behandlung allein zugängliche Standpunkt eingenommen wird, welcher den Mangel an Polarisation der Inhomogenität und Inkohärenz zweier senkrecht zueinander liegender Schwingungen zuschreibt. Fragen der Inhomogenität und ähnlichen ist sogar am Schluß des Bandes ein eigenes Kapitel (mir scheint es das beste des ganzen Buches) gewidmet, in welchem die Zerlegung der Lichtschwingungen in Fouriersche Reihen, aber auch die logisch gleichberechtigte in Impulse gebracht und jede in ihrer Eigenart verwandt wird. Namentlich der wichtige Satz, daß die Spektralapparate die Periodizität, welche man an dem austretenden Licht wahrnimmt, erst schaffen, ohne daß sie im einfallenden Licht vorhanden zu sein braucht, findet hier seine Stelle.

Freilich stehen diesen Vorzügen auch gewisse Mängel gegenüber; als den größten habe ich das Fehlen der Kirchhoffschen Beugungstheorie empfunden. Der Verf. behandelt seine, übrigens erfreulich zahlreichen, Beispiele für die Beugung ausnahmslos mit Hülfe der Fresnelschen Zonen. Weniger wichtig ist die kleine Ungenauigkeit auf *S. 303*, wo bei Besprechung der selektiven Absorption und Emission das Kirchhoffsche Gesetz herangezogen wird, obwohl nach der heutigen Anschauung die Emission scharfer Linien stets auf Luminiszenz beruht und dieser thermodynamische Satz nur für Temperaturstrahlung bewiesen werden kann. Die vom Verf. selbst herrührende Bestimmung der Anzahl der Elektronen in den Metallen aus ihrem optischen Verhalten wäre, als von Drude ausführlich widerlegt, wohl besser fortgeblieben.

Eigentümlich ist der Standpunkt des Verf. zur elektromagnetischen Lichttheorie. Ihre Überlegenheit über die elastische erkennt er vollkommen an; trotzdem erscheint sie ihm in gewisser Weise als Rückschritt zu einer weniger befriedigenden Erklärung des Lichts, denn ihm sind die elektrische und magnetische Feldstärke selbst etwas „Unbekanntes“. Man wird dieser Auffassung wohl nur subjektive Berechtigung zugestehen können. Dem Verf. sind mechanische Erscheinungen wahrscheinlich wesentlich vertrauter als elektromagnetische. Ich kenne im Gegensatz hierzu Physiker, welche einen nicht ganz einfachen mechanischen Vorgang am schnellsten dann durchschauen, wenn sie ein elektromagnetisches Analogon zu ihm auffinden. Hiermit hängt es zusammen, daß auch der elastischen Lichttheorie neben der elektromagnetischen ein erheblicher Platz eingeräumt ist. Lord Kelvins Ideen, welche hier benutzt werden, können ja auch allein in Rücksicht auf ihren Urheber stets Interesse beanspruchen.

Erwähnt werden mag noch die ungewöhnlich gute Reproduktion einiger Photographien von Interferenzerscheinungen und stehenden Lichtwellen.

Zusammenfassend möchte ich das Buch als wertvolle Ergänzung der deutschen Lehrbücher empfehlen. Ein in sich vollständiges Lehrbuch zu schreiben, ist nach des Verf. eigenen Worten nicht seine Absicht gewesen. *M. Laue.*

N. Herz, Geodäsie, eine Darstellung der Methoden für die Terrainaufnahme, Landesvermessung und Erdmessung. Mit einem Anhange: Anleitung zu astronomischen, geodätischen und kartographischen Arbeiten auf Forschungsreisen. XXIII. Teil des Werks: „Die Erdkunde“, hrsg. von M. Klar. Lex. 8°. IX, 418 S. m. 3 Taf. u. gegen 200 Textfig. Leipzig und Wien, F. Deuticke 1905. 14 M.

Eine „Geodäsie“ auf 400 Seiten zu schreiben, die das vollständige Instrumentarium, Messungs-, Rechnungs- und Zeichenmethoden der ganzen niedern und höhern Geodäsie

vorführen will, ist keine einfache Aufgabe, auch wenn das Werk nur, als Teil eines großen Ganzen, einem nichtfachmännischen Leserkreis (hier den Geographen und den Forschungsreisenden) einen Umriß der Sache liefern soll. Da der Verf. sich aber ausdrücklich auch an den Ingenieur wendet, der ebenfalls „das für ihn Wissenswerte aus der niedern und höhern Geodäsie in einem für die meisten Fälle vollständig ausreichenden Umfange zusammengestellt finden wird", so ist das Werk überhaupt von allgemeinen Gesichtspunkten aus zu beurteilen.

Für diese Zeitschrift kommt vor allem die I. Abteilung (Instrumentenkunde) in Betracht, die auch an Umfang nicht viel gegen den der II. und III. Abteilung (niedere und höhere Geodäsie) zusammen zurückbleibt.

Im ersten Abschnitt jener I. Abteilung, „A. Instrumententeile", legt der Verf. bei der Betrachtung der Linsen, der Fernrohre und der Mikroskope die Knotenpunkte statt des „optischen Mittelpunkts", dessen noch fortdauernden Gebrauch er rügt, zugrunde. Beim Mikrometer im Fernrohr wird, *S. 40*, das Huygenssche Okular deshalb als untauglich für ein Mikrometerfernrohr erklärt, weil die Entfernung der Fadenplatte vom Objektiv nicht unveränderlich sei; ist dies beim Ramsdenschen, Kellnerschen Okular oder auch beim Porroschen Fernrohr der Fall? (über den Gebrauch dieser Fernrohre als Distanzmesser s. u.). Der zweite Abschnitt der I. Abteilung, „B. Instrumente", führt die geodätischen Meßwerkzeuge in 12 Gruppen vor; a) Instrumente zum Vertikal- und Horizontalstellen, b) zur Signalisierung, c) zum Messen von Längen, d) zum Abstecken und Messen von Winkeln (wobei auch Spiegel- und Prismeninstrumente für beliebige Winkel abgehandelt werden, und wozu ferner Durchgangsinstrumente, ja selbst Nivellierinstrumente gerechnet werden. Dieses Kapitel d) ist wohl ohne Not viel zu umfassend ausgefallen; wie kann man insbesondere die Nivelliere ganz allgemein zu den Winkelmeßinstrumenten stellen, warum ist nicht vielmehr, schon mit Rücksicht auf e) und f), aus diesen Apparaten zum geometrischen Nivellement ein besonderes Kapitel gemacht worden?); e) Instrumente der barometrischen Höhenmessung, f) der Tachymetrie, g) zu graphischen Aufnahmen (besonders Meßtisch), h) zur Übertragung von Zeichnungen, i) zur Flächenmessung, k) zur Photogrammetrie, l) für Wassermessungen; m) Pendel und Uhren. Der Abschnitt ist, wie auch schon A., ziemlich reich auch mit historischen Anmerkungen ausgestattet, was zu begrüßen ist, wenn sie genügend sorgfältig geprüft sind. Zu diesem Abschnitt besonders möchte ich mir hier einige Bemerkungen erlauben, die vielleicht künftig von Nutzen sein können. Die Längenmeßwerkzeuge der einfachen Stück- oder Kleinmessung sollten richtiger dargestellt werden; die Holzstäbe (Meßlatten) sind nicht „1 *m* (!) oder 4 *m*" lang, die Gliederkette hatte nicht 2 bis 5 *cm* lange Glieder, der Feldzirkel wird wohl nirgends mehr verwendet und ist jedenfalls nicht 1 *m* lang, auch anders geformt als Fig. 8. Von den Distanzmessern ohne Latte stehen neue bessere Einrichtungen zu Gebot; vom Fadendistanzmesser wird gesagt, er finde sich bei Green 1778, nach der übernächsten Seite ist er aber von Reichenbach 1811 angegeben. Vom Huygensschen Fernrohr heißt es *S. 91/92*, es könne nicht als anallaktisches Fernrohr angesehen werden, und, „während beim Ramsdenschen Okular die additive Konstante klein ist und die Vernachlässigung derselben keineswegs zu großen Fehlern in der Distanzmessung führt, bei Huygensschen Okularen die Vernachlässigung oder die übliche Berücksichtigung zu völlig fehlerhaften Resultaten führen muß. *Man darf daher für Distanzmesser keine Huygensschen Okulare verwenden*". Das wäre für die vielen Aufnahmen, die mit Distanzmesser-Fernrohren Huygensscher Einrichtung gemacht worden sind, recht schlimm, wenn es richtig wäre. Jedermann, der sich mit der Tachymetrie theoretisch oder praktisch zu beschäftigen hatte, weiß, daß z. B. Ertel sogar großes Gewicht darauf legte, in seinen Distanzmesser-Fernrohren Huygenssche und nicht Ramsdensche Okulare zu verwenden, daß aber allerdings heute, wo das Kellnersche und ähnliche Okulare zur Verfügung stehen, die Gründe für die Wahl des Huygensschen Okulars (dem aber z. B. die Möglichkeit der bequemen Abstimmung der Hauptkonstanten auf eine runde Zahl bleibt) zum größten Teil weggefallen sind, auch bei kleinen Hauptkonstanten, sodaß jetzt kaum mehr ein Distanzmesser-

Fernrohr mit Huygensschem Okular eingerichtet wird, wie denn überhaupt die Anwendung dieses Okulars an Meßinstrumenten immer mehr zurückgeht. Über das Huygenssche Fernrohr als Fadendistanzmesser besteht eine ziemlich umfangreiche Literatur, z. B. hat sich bekanntlich Vogler an mehreren Orten eingehend darüber ausgesprochen. Die Instrumente zum Absetzen konstanter Winkel (besonders 90° und 180°) werden mit den Reflexionsinstrumenten zur Messung beliebiger Winkel einigermaßen vermischt vorgeführt; den gewöhnlichen Lotwinkelspiegel nach Fig. 111 in der Art der Spiegelsextanten zu verwenden, geht bei der stets und zweckmäßig vorhandenen Einrichtung des Werkzeugs überhaupt nicht an. Wie soll, nebenbei bemerkt, das Winkelkreuz, Fig. 108, an der Handhabe, also freihändig gebraucht werden? Von Theodoliten und Universalinstrumenten sind sechs Typen abgebildet, von Nivellierinstrumenten sind 14 abgebildet. Daß und in jedem Fall wie oft und mit welchen Mitteln die Nivellierlatten für die verschiedenen Arten des Nivellements auf ihre richtige Länge zu prüfen sind, findet sich weder hier (Nr. 56) noch später beim Nivellieren (Nr. 109) noch in der III. Abteilung beim Präzisionsnivellement irgendwie angegeben.

Bei den Instrumenten zur barometrischen Höhenmessung darf man nicht von einem Vidie-Bourdonschen Instrument (der Verf. schreibt wieder fälschlich Vidi) sprechen, dem dann das Naudetsche gegenübergestellt wird. Man kann aber wohl von einem Vidie-Naudetschen Aneroid sprechen, und bei Naudet dürfte man wohl auch der Verbesserungen gedenken, die seine Pariser Nachfolger Hulot und Pertuis dem Instrument haben zuteil werden lassen, ferner sollte wohl auch Bohnes Name nicht fehlen. Beim Goldschmidschen Aneroid beschreibt der Verf. nur die ältere Einrichtung, die von Usteri-Reinacher gar nicht mehr benutzt wird. In der Tachymetrie ist der Theodolit mit entfernungsmessendem Fernrohr mit festen Fäden in einer Weise behandelt, aus der sich niemand ein Bild von der Verwendung dieses im allgemeinen doch wichtigsten tachymetrischen Instruments machen kann; auch die neuern Tachymeterformen sind nicht genügend dargestellt. Bei den Planimetern ist auch eine elementare Theorie nicht versucht; das Wetlische Linearplanimeter, das wohl nirgends mehr angewandt wird, ist abgebildet, von den neuen wichtigen Formen des Polarplanimeters (besonders die mit Arm gleich ∞) dagegen keine. In die photogrammetrischen Notizen ist auch einige Anleitung zum Verfahren beim Photographieren und Entwickeln der Platten aufgenommen.

Auf die II. und III. Abteilung näher einzugehen, ist hier nicht der Ort. In II ist die *graphische* Triangulierung (und Polygonmessung) mit dem Meßtisch verhältnismäßig ausführlich behandelt, im Vergleich damit nur sehr kurz die Verwertung der am Theodolit (in Zahlen) abgelesenen Horizontalwinkel; selten vorkommenden Vierecks- (Hansen), Sechsecks- und Achtecksaufgaben (Lambert) ist noch verhältnismäßig viel Raum gegeben, die Behandlung der Theodolit-Horizontalwinkel im rechtwinkligen Koordinatensystem (besonders die Triangulierung) aber kaum angedeutet. Findet sich doch eine der grundlegenden Aufgaben ganz am Schluß von II. Von Kreisbogenabsteckungs-Aufgaben wird auch nur *eine* (mit Beispiel) behandelt, und zwar eine in der Praxis des Ingenieurs kaum vorkommende. Von den Höhenmessungen ist im II. Abschnitt das Nivellieren eigentlich gar nicht, die trigonometrische Höhenbestimmung ziemlich ausführlich, aber nicht einfach genug, die Barometermessung nicht einladend behandelt, indem allgemein Fehler bis zu 35 *m* (am Predigtstuhl mit Höhen bis gegen 1300 *m*) als so gering bezeichnet werden, daß sie dem Zufall zuzuschreiben seien. In der III. Abteilung ist fast nur von den Rechnungen der höhern Geodäsie die Rede, sehr wenig von den Messungen; nur die direkte Azimutbestimmung wird einigermaßen ausführlich vorgetragen.

Im Anhang, der eine geodätische Anleitung für Forschungsreisende vorstellen soll, scheint der Verf. zu der alten Streitfrage, ob auf Landreisen besser der Theodolithöhenkreis oder der Sextant für die Gestirnshöhen zur Zeit- und Polhöhenbestimmung zu gebrauchen sei, Stellung nehmen zu wollen, indem er für „astronomische", „sowie für viele geodätische Operationen" einen kleinen Theodolit für *unerläßlich* erklärt. Ein Universal mit 10″-Nonien ist aber allerdings schon ein recht unbequem zu transportierendes Stück, und seine Em-

pfehlung wird den Anhängern des so viel bequemer zu transportierenden Sextanten sonderbar vorkommen; eine Seite später wird aber geradezu ein Reflexionsinstrument „für die Messung von Sonnenhöhen sowohl für Polhöhen- als auch für Zeitbestimmung“ als das *zweckmäfsigste* Instrument erklärt. In den Tropen reicht aber bekanntlich der Sextant für Meridianhöhen der Sonne vielfach gar nicht aus; auf der andern Seite ist dort die Höhenlibelle des Theodolits schwer genügend zu schützen. Vor dem Versuch der absoluten Längenbestimmung mit Hülfe von Monddistanzen (*S. 389*) kann man bekanntlich einen Reisenden, der nicht durch jahrelange Übung große Fertigkeit erlangt hat, nur warnen.

Die Auswahl der Schriften, die der Verf. zitiert, ist an vielen Stellen nicht recht verständlich; so findet sich, um nur ein Beispiel anzuführen, unter den sechs für das Studium der Ausgleichungsrechnung empfohlenen Schriften, *S. VI*, weder Helmerts Ausgleichungsrechnung noch Jordans Band I, weder das kleine Werk von Koppe noch das elementare Büchlein von Vogler. *Hammer.*

A. Angot, *Traité élémentaire de Météorologie.* 2. Ausg. gr. 8°. 423 S. m. 4 Taf. u. 105 Fig. Paris 1907. 10 M.

E. Liebenthal, Praktische Photometrie. gr. 8°. XV, 445 S. m. 201 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1907. 19 M.; geb. 20 M.

H. H. Hildebrandsson u. L. Teisserenc de Bort, *Les bases de la Météorologie Dynamique; état de nos connaissances.* Lfg. 3. gr. 8°. IV u. S. 185—228 (Ende des I. Bds.) m. 60 Taf. u. Fig. Paris 1906. 4,50 M.

Lfg. 1, 2 u. 4—8: S. 1—184 v. Bd. I u. S. 1—340 v. Bd. II m. 95 Taf. u. Fig. 1898—1905. 16,60 M.

F. L. Kohlrausch, Einführung in die Differential- u. Integralrechnung nebst Differentialgleichungen. 8°. VII, 191 S. m. 100 Textfig. u. 200 Aufg. Berlin, J. Springer 1907. 6 M.; geb. in Leinw. 6,80 M.

J. Chappuis u. A. Berget, *Leçons de Physique Générale.* 2., gänzl. umgearb. Aufl. In 2 Bdn. gr. 8°. Paris 1907.

Vol. I: Instruments de mesure; pesanteur; élasticité statique des liquides et gaz; chaleur. IX, 669 S. m. 303 Fig. 15 M.

E. Gerard u. O. de Bast, *Exercices et Projets d'Électrotechnique. Tome I: Applications de la théorie de l'Électricité et du Magnétisme.* gr. 8°. VI, 241 S. m. 96 Fig. Paris 1907. 5 M.

Südpolar-Expedition, Deutsche. 1901—1903. Im Auftrage des Reichsamtes des Innern hrsg. v. E. v. Drygalski. 35,5 × 27 *cm.* Berlin, G. Reimer.

V. Bd. Erdmagnetismus. 1. Heft: F. Bidlingmaier, Der Doppelkompaß, seine Theorie u. Praxis. 104 S. m. 18 Abbildgn. 1907. Subskr.-Pr. 11,50 M.; Einzelpr. 14 M.

A. Föppl, Vorlesungen üb. technische Mechanik. In 6 Bdn. 5. Bd.: Die wichtigsten Lehren der höheren Elastizitätstheorie. gr. 8°. XII, 391 S. m. 44 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1907. Geb. in Leinw. 10 M.

B. G. Teubners Sammlung von Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendungen. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

XXVI. Bd. H. Lamb, Lehrbuch der Hydrodynamik. Deutsche autoris. Ausg. (nach der 3. engl. Aufl.) besorgt von Dr. J. Friedel. XIV, 788 S. m. 79 Fig. im Text. 1907. Geb. in Leinw. 20 M.

W. Donle Lehrbuch der Experimentalphysik f. den Unterricht an höheren Lehranstalten. 4., verb. Aufl. gr. 8°. VIII, 385 S. m. 420 in den Text gedr. Abbildgn., 1 Spektraltaf. u. 560 Übungsaufgaben. Stuttgart, F. Grub 1907. Geb. 3,60 M.

J. Vallerey, *Traité élémentaire de la compensation des Compas.* 8°. 75 S. m. Fig. Paris 1907. 2 M.

H. Hausrath, Die Untersuchung elektrischer Systeme auf Grundlage der Superpositionsprinzipien. 8°. VIII, 126 S. m. 19 Fig. Berlin, J. Springer 1907. 3 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVII. Jahrgang. **Dezember 1907.** Zwölftes Heft.

Transversalkomparator des Präzisionsmechanischen Laboratoriums der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Beschrieben von **A. Blaschke** in Charlottenburg.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Das Präzisionsmechanische Laboratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Abteilung II, mußte für die Längenmessungen, die sowohl durch die eigenen Arbeiten der Anstalt als auch zur Erledigung der von außen kommenden Prüfungsanträge erforderlich werden, neben einer Reihe von Apparaten zweiten Ranges auch ein Instrumentarium beschaffen, das Maßvergleichungen höchster Zuverlässigkeit ermöglicht. Hierzu bedurfte man vor allem zweier Komparatoren erster Qualität, eines Longitudinalkomparators, vornehmlich zur Ermittelung innerer Teilungsfehler, und eines Transversalkomparators, der zur genauen Vergleichung von Gesamtlängen und zur Ermittelung von thermischen Ausdehnungskoeffizienten bestimmt ist.

Als Longitudinalkomparator dient ein Instrument nach dem bekannten Repsoldschen Modell; beim Transversalkomparator aber entschloß man sich zu einer völligen Neukonstruktion, da die vorhandenen Instrumente, wenn auch die an ihnen erhaltenen Resultate genügen mochten, doch entschieden verbesserungsfähig erschienen.

Die Konstruktion des im folgenden zu beschreibenden Transversalkomparators rührt in allen Teilen von dem Vorsteher des Präzisionsmechanischen Laboratoriums der Abteilung II der Reichsanstalt, Hrn. Leman, her. Dabei konnten u. a. Erfahrungen an einem provisorischen, in der Reichsanstalt aus vorhandenen Schienen, Mikroskopen u. s. w. erstellten Instrument benutzt werden, auf dem in den Jahren 1891 bis 1900 die Wärmeausdehnungskoeffizienten der von Hrn. Dr. Riefler zu seinen Kompensationspendeln benutzten Stahlrohre mit recht erheblicher Genauigkeit ermittelt worden waren.

Von den beiden Möglichkeiten des Transversalkomparators: ruhende Mikroskope bei beweglichen Maßstäben oder bewegliche Mikroskope bei ruhenden Maßstäben, wurde die erste gewählt, weil so die wichtige Forderung, daß die Mikroskope ihre Stellung während der Beobachtung nicht ruckweise ändern, am besten erfüllt werden kann. Dabei aber sollte trotzdem, entsprechend der Verschiedenartigkeit der an die Reichsanstalt herantretenden Aufgaben, der gegenseitige Abstand der Mikroskope in sehr weiten Grenzen variiert werden können.

Der Komparator, von dem Fig. 1 eine Gesamtansicht gibt, befindet sich im Kellerraum des Hauptgebäudes der Abt. II, und zwar im mittleren der drei Räume,

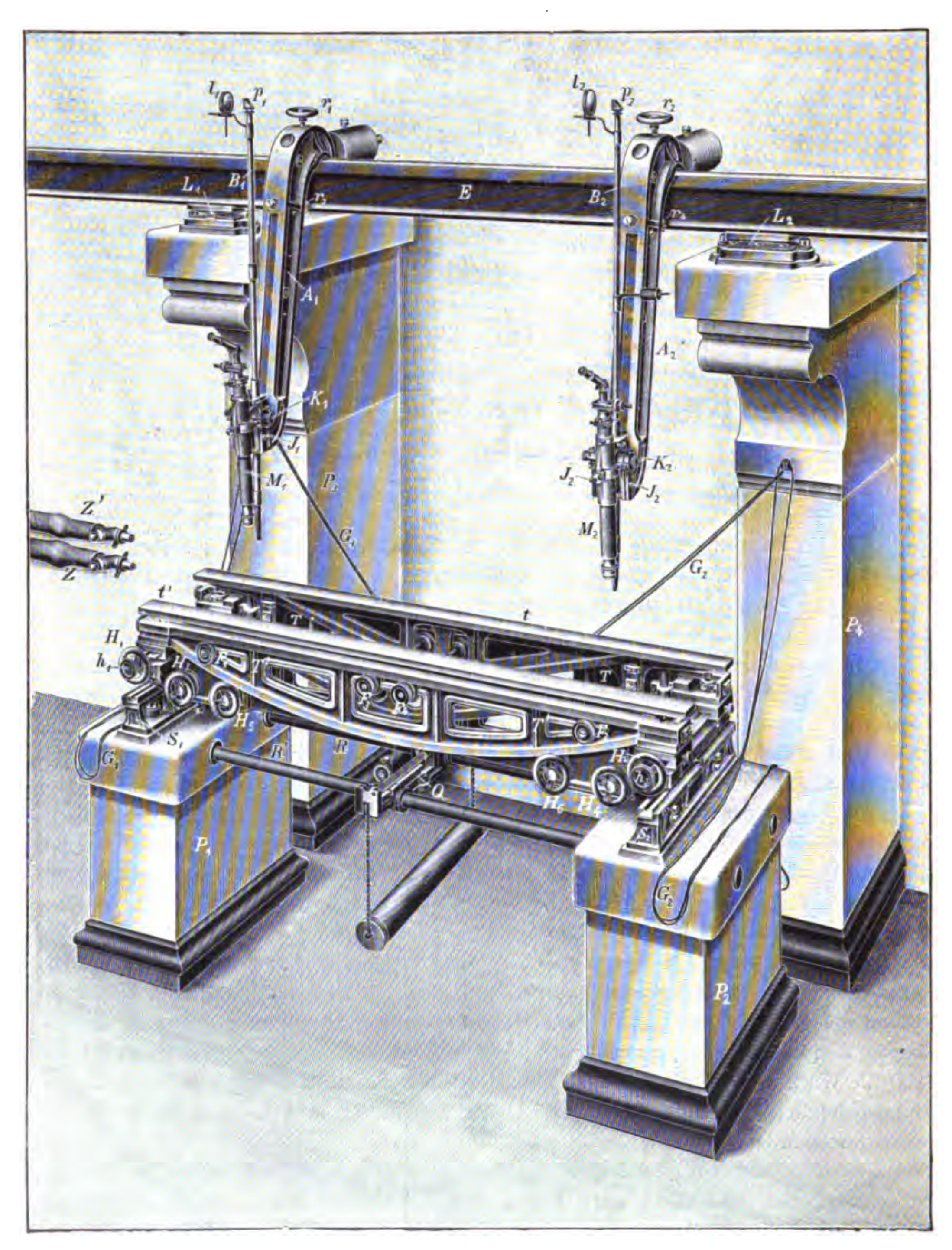


Fig. 1.

die dort den Zwecken des Präzisionsmechanischen Laboratoriums dienen; er gliedert sich in zwei Teile: I. den beweglichen Unterteil für die Lagerung der **Maßstäbe**; II. den festen Oberteil für die Aufhängung der Mikroskope; zu dem Instrumente gehört III. die Vorrichtung zur Temperierung der Maßstäbe.

I. Der Unterteil.

Etwa 0,5 *m* unter dem Fußboden der drei oben genannten Räume liegt, völlig von den Mauern des Gebäudes isoliert, in den Alluvialsand des Untergrundes gebettet, ein Betonklotz von 15 *m* Länge, 4,5 *m* Breite und 0,5 *m* Dicke. Im mittleren Raume ist der Fußboden an zwei rd. 1,4 *m* voneinander entfernten Stellen in der Nähe der äußeren Umfassungsmauer des Gebäudes durchbrochen, und durch diese Einschnitte hindurch sind die beiden Backsteinpfeiler P_1 und P_2 von $0{,}25 \times 0{,}5$ *m* Querschnitt mit Sandsteinkapitälen bis auf etwa 0,6 *m* über den Fußboden hochgeführt[1]).

Auf diesen beiden Pfeilern ruht der Unterteil, welcher von Julius Wanschaff in Berlin (SO. 26, Elisabethufer 1) hergestellt worden ist; er besteht in der Hauptsache aus Eisen und Stahl und setzt sich zusammen aus einem Wagen, auf dem zwei Tischträger T' und T ruhen, und aus den auf diesen angeordneten Tischen t' und t zum Auflegen der Maßstücke. Die Gliederung in drei Teile ist gewählt worden, um die Möglichkeit zu schaffen, die zu untersuchenden Stäbe nach jeder Richtung[2]) bequem verschieben sowie genau einjustieren zu können, dabei jede infolge des Temperaturganges auftretende Längenänderung der Teile unschädlich zu machen und somit die gefährlichen, weil Ausdehnung oder Zusammenziehung der Stäbe vortäuschenden Krümmungen zu vermeiden; für den letztgenannten Zweck lediglich die Maßstäbe auf zwei Rollen zu betten, ging schon wegen der Verschiedenartigkeit der in der Reichsanstalt zur Prüfung gelangenden Stücke nicht an und wurde überhaupt gar nicht erstrebt, weil diese Lagerung keine Gewähr gegen unbeabsichtigte Wanderungen der Stücke bietet.

Die Einzelheiten der Konstruktion sind aus Fig. 2 ersichtlich, die einen Schnitt auf der linken Seite des Komparators in der Mitte des hinteren Tisches t nach der XZ-Ebene (auf etwa $^1/_3$ verkleinert) gibt. Auf dem Pfeiler P_1 liegt der Sockel S_1 (bezw. S_2)[3]), der durch Schraubenbolzen B_1 auf dem Kapitäl von P_1 verankert ist. Dieser Sockel trägt die Schiene a_1, auf der wiederum eine zweite Schiene b_1 befestigt ist; in einer Rille von b_1 laufen 6 Kugeln, die durch eine Kulisse in gleichem Abstand voneinander gehalten werden. Auf diese Kugeln legt sich die obere Laufschiene c_1, die den bereits erwähnten Wagen trägt, ein Gußstück, das aus einem trägerförmigen, von Pfeiler zu Pfeiler reichenden Mittelstück W von rd. 1,25 *m* Länge und zwei in der Y-Richtung 40 *cm* langen Seitenstücken W_1 (bezw. W_2) besteht; von oben gesehen hat also der Wagen die Form eines ⟼. Die Schienen a_1 und b_1 sind, wie in Fig. 2 angedeutet, durch Schrauben so justierbar, daß die Rillen in b_1 auf der linken und in b_2 auf der rechten Seite des Komparators nahezu horizontal und parallel der Y-Achse verlaufen. Diese Rillen haben eine Länge von rd. 50 *cm*, ebensolang sind die Stücke S_1 und a_1, der Abstand der beiden äußersten Kugeln einer und derselben Kulisse beträgt etwa 25 *cm*, die Länge von c_1 30 *cm*, sodaß sich der Wagen etwa 40 *cm* in der Y-Rich-

[1]) Da der Fußboden in allen drei Räumen hohl liegt, ist man imstande, an beliebiger Stelle leicht und ohne erhebliche bauliche Änderung Pfeiler für erschütterungsfreie Aufstellung von Instrumenten herzurichten.

[2]) Die Richtungen sind im folgenden, wie üblich, benannt, nämlich: X-Richtung die der Maßstäbe, Y-Richtung die in der Horizontalebene darauf senkrechte, Z-Richtung somit die lotrechte.

[3]) Die Beschreibung beschränkt sich gewöhnlich auf die eine Seite des Komparators, da die andere symmetrisch gebaut ist; etwaige Abweichungen hiervon sind erwähnt. Der Index 2 bezeichnet stets das entsprechende Stück auf der rechten Seite des Komparators, ein Buchstabe ohne Index ein Stück an der hinteren Hälfte des Unterteils, derselbe Buchstabe mit dem Index ′ das entsprechende Stück an der vorderen Hälfte.

tung bewegen kann. Um diese Bewegung zu begrenzen, dienen die Stücke R, R' und Q (Fig. 1). R und R' sind zwei in den Pfeilern P_1 und P_2 fest gelagerte Rohre; sie tragen das Querstück Q. Auf Q sind zwei Böcke (von denen nur der vordere in der Figur sichtbar ist) verschiebbar und festklemmbar; diese Böcke tragen Stifte, gegen die ein Anschlagstück des Wagens bei dessen Bewegung stößt, sodaß der Wagen stehen bleibt. Nachdem die Böcke ungefähr in der gewünschten Stellung festgeklemmt sind, kann eine feinere Einstellung ihrer Anschlagstifte erfolgen, da diese als Schrauben ausgebildet sind; die Köpfe dieser Schrauben sind gezahnt, und die Drehung erfolgt durch je einen Trieb (sog. Marlboroughsches Getriebe), der durch Schnüre G_1 bezw. G_2 betätigt wird, sodaß die letzte Justierung der Wagenstellung erfolgen kann, während der Beobachter durch das Mikroskop auf den Maßstab blickt. Um bei der Vorbereitung einer Messung den Wagen ganz festzuklemmen, geht eine Schraube K_1 durch die Kulisse, die beim Anziehen ein Preßstück gegen b_1 und c_1 drückt. Die Verschiebung des Wagens geht außerordentlich ruhig und leicht vonstatten: der Wagen, der mit den auf ihm lastenden Tischträgern und Tischen rd. 150 *kg* wiegt, wird bereits durch ein Übergewicht von nur 0,5 *kg* in Bewegung gesetzt. Es bestünde aber die Gefahr, daß diese leichte Beweglichkeit aufhören könnte, wenn der Wagen infolge Temperaturänderung sich verlängert oder verkürzt, da dann die Kugeln in ihren Lagern gezwängt würden. Deswegen ist auf der rechten Seite W_2 mit c_2 nicht wie links starr, sondern gelenkig verbunden; W_2 trägt nämlich in der Mitte seiner Unterseite einen konischen Trichter, dem ein gleicher in c_2 gegenüberliegt; in diesen Trichtern befindet sich eine Kugel, die W_2 mit c_2 zwar kuppelt, aber doch zuläßt, daß c_2 sich ein wenig neigt, wenn W seine Länge ändert; damit ist eine Klemmung des Wagens vermieden.

Die Seitenstücke W_1 (bezw. W_2) dienen zur Lagerung der Tischträger T und T' (s. Fig. 1); zu diesem Behufe befindet sich in W_1 (W_2) eine Nut von rechteckigem Querschnitt, in der zwei schwalbenschwanzförmige Lager d_1 (bezw. d_2), einander parallel ausgerichtet, befestigt sind. Die Lager sind hohl, vorn und hinten geschlossen und in der Mitte von zwei schmalen Stegen überspannt; in den Hohlräumen von d_1 liegen zwei Bewegungsschrauben, und zwar die eine in dem vorderen, die andere in dem hinteren Teile von d_1; die vordere Schraube ist vorn in d_1 und in dem vorderen Mittelstege gelagert; sie ist hohl, sodaß ein Zapfen, der an die andere, im zweiten Stege und hinten in d_1 gelagerte Schraube angreift, durch sie hindurch nach vorn gehen kann. Durch diese Anordnung lassen sich die Schrauben von vorn in Drehung versetzen, und zwar das eine Paar durch die Handräder H_1 (H_2) (Fig. 1), das andere durch Schraubenköpfe h_1 (h_2). Die Muttern dieser Schrauben befinden sich in Lappen f_1 bezw. f_1' (f_2, f_2'), die mit den zu d_1 gehörigen Schlitten e_1 (bezw. e_1') verbunden sind; durch Drehung der Schrauben werden diese Schlitten also verschoben. Die Schlitten e_1 und e_2 tragen den hinteren Tischträger T, e_1' und e_2' den vorderen T'. Die Verbindung zwischen e_1 (e_2) und T muß aber wiederum eine gelenkige sein, da sonst Verspannungen der Tischträger beim Bewegen von e_1 u. s. w. eintreten könnten; aus diesem Grunde ist folgende Anordnung getroffen. Der Seitenteil T_1 des Tischträgers T hat einen Schlitz, durch den ein an e_1 befestigter zylindrischer, oben hohler Zapfen i_1 hindurchgeht; dieser Zapfen wird von einer Schelle z_1 umfaßt, die auf der oberen Fläche von T_1 gleitet; wird also bei H_1 (H_2) bezw. h_1 (h_2) gedreht, so kann sich der Tischträger sowohl seitlich verschieben als auch um den Zapfen drehen. Auf der linken Seite ist ferner die Bewegungsschraube m, die ihre Mutter in z_1 hat, angeordnet, durch deren Drehung eine Feinverstellung von T bewirkt wird, und die

zugleich unbeabsichtigte Bewegungen des Tischträgers verhindert; natürlich kann die Schraube *m* immer nur an einer Seite angebracht sein. Um schließlich die Reibung zwischen T_1 und e_1 zu verringern, berühren beide einander nicht unmittelbar, sondern es sind eine Platte und zwei Lagerrollen zwischengeschaltet.

Die Tische *t* bezw. *t'* endlich sind an den Tischträgern auf folgende Weise angebracht. An letzteren sind die mit Gewinde versehenen Zapfen n_1 (n_2) in den Lagern o_1 (o_2) befestigt; die Muttern r_1 (r_2) werden durch Kegelräderübertragung von H_3 (H_4) — vorderer Tisch — bezw. H_5 (H_6) — hinterer Tisch — aus gedreht (Fig. 1) und so die Zapfen nach oben und unten fein bewegt; damit hebt und senkt sich der auf ihnen aufliegende Tisch. Dieser wird hierbei an einem bei s_1 (s_2) geschlitzten Lappen u_1 (u_2) geführt; durch den Schlitz hindurch geht nämlich ein am Tischträger

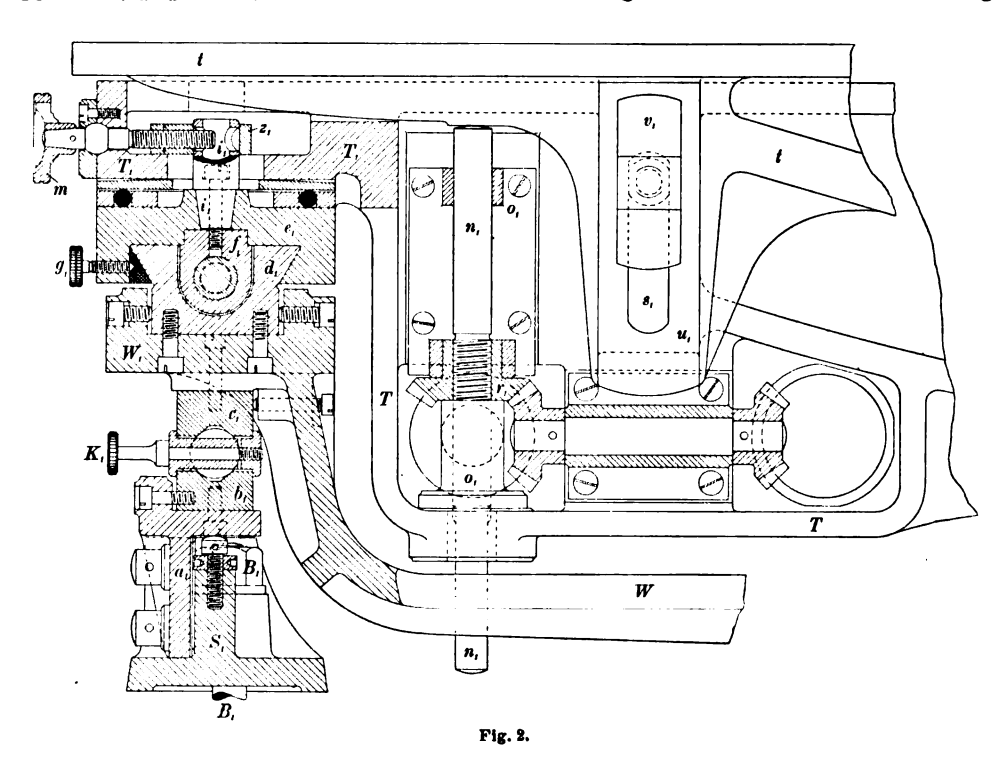


Fig. 2.

befestigter drehbarer Zapfen, der an einem Ende den Knopf F_1 (F_2, F_3, F_4, in Fig. 1 sichtbar) trägt, am anderen eine Platte v_1 (v_2, v_1', v_2'), die durch eine Blattfeder gegen den Tisch gedrückt wird; zieht man die Knöpfe *F* an, so werden die Tische festgestellt; bei F_3, F_4 geschieht dies wieder durch Kegelräderübertragung.

II. Der Oberteil.

Der Oberteil (in der Hauptsache angefertigt von H. Hoff in Berlin, S. 42, Brandenburgstraße 25) besteht aus einer unbearbeiteten Eisenbahnschiene *E* (Fig. 1), auf der die Mikroskopträger A_1 und A_2 ruhen. Die Schiene *E* hat 13 *cm* Höhe, 10 *cm* Fußbreite und rd. 3 *m* Länge; sie liegt auf zwei rd. 1,5 *m* voneinander entfernten, strebepfeilerartigen Anbauten P_3 und P_4 der äußeren Umfassungsmauer des Gebäudes. Es ist absichtlich davon abgesehen worden, auch die Schiene auf dem oben erwähnten Betonklotz aufzubauen, um sie sicher unabhängig zu machen von den wenn auch kleinen Umlagerungen des Klotzes, die beim Verschieben des Wagens *W* eintreten

könnten; die gewählte Lagerung ist vollkommen sicher, denn die starke Mauer ist, besonders an ihrem unteren Teile, nur sehr schwer zu erschüttern und solchen Störungen um so weniger ausgesetzt, als für die anliegende Straße der Verkehr von Lastfuhrwerken untersagt ist. Außerdem aber müssen auch Verklemmungen und Krümmungen der Schiene vermieden werden, da hierdurch die für die Genauigkeit der Messungen gefährlichste Veränderung an den Mikroskopen herbeigeführt werden würde, eine Änderung ihrer Neigung zur YZ-Ebene. Die Schiene ist deswegen, ähnlich wie der Wagen W, beweglich gelagert. Zu diesem Behufe ist auf den Kapitälen beider Pfeiler P_3 P_4 je ein Lagerbock L_1 (L_2) befestigt; der linke enthält eine konische Einbohrung, in der eine Kugel liegt; diese wird von oben gleichfalls durch ein konisches Loch gefaßt, das sich in einer Platte befindet, auf der die Schiene E aufruht. Auf dem rechten Pfeiler besitzen Lagerbock und darüber liegende Platte je zwei gerade Nuten in der X-Richtung, und die Verbindung ist durch drei Kugelpaare bewirkt, die durch eine Kulisse in konstantem Abstand gehalten werden. Auf diese Weise kann E sich um die linke Kugel frei drehen und durch Gleiten über die rechts liegenden Kugelpaare sich spannungslos ausdehnen oder zusammenziehen.

Über E greifen die zwei S-förmigen Mikroskopträger A_1 und A_2. Die obere Krümmung des S umfaßt den Schienenkopf; mittels der Handräder r_1 und r_2 können Räder auf die Schienenbahn hinabgelassen werden; dann ist man imstande, A_1 und A_2 auf E zu verschieben und ihnen so angenähert eine beliebige Entfernung zu geben; die Bewegung von A_1 und A_2 wird noch erleichtert durch Rollenpaare r_3 (r_4), die sich vorn an den Schienenfuß legen. Hebt man alsdann die Räder vom Schienenkopf ab, so bringt man A_1 und A_2 mit ihrem gesamten Gewicht zur Auflage auf E; an der Rückseite von A_1 und A_2 hinter E befindliche Klemmen stellen die Arme fest. Durch dort angebrachte Gegengewichte wird verhindert, daß die nach vorn lang herunterhängenden Arme die Schiene E einseitig belasten.

An dem anderen, unteren Ende des S-förmigen Armes ist die Schwalbenschwanz-Führung a_2 (s. Fig. 3, Schnitt durch die rechte Mikroskoplagerung) angebracht, auf der der Schlitten b_2 gleitet, und zwar fein verstellbar mittels der Schraubenpaare J_2 (bezw. J_1, s. auch Fig. 1); diese greifen nämlich von rechts und links in Muttergewinde ein, welche sich in einem auf a_2 aufgeschraubten Stücke befinden. An den Schlitten b_2 (b_1) hängen die Mikroskope M_2 (M_1). Um diese stets parallel zueinander zu halten, ist folgende Einrichtung getroffen. Der Schlitten b_2 (b_1) besitzt oben eine halbzylinderförmige Ausbohrung d_2, in der ein Kollimatorfernrohr K_2 (K_1) ruht; auf diesem Kollimator liegt, gleichfalls mit halbzylinderförmigem Lager e_2 (e_1), der Mikroskopträger f_2 (f_1). Die Kollimatoren (hergestellt von Hans Heele in Berlin, O. 27, Grüner Weg 104) haben aber nicht einfache glatte zylindrische Fassung, sondern ihre aus Stahl gefertigten Rohre sind am Okularende kugelförmig gestaltet, am Objektivende sind sie genaue Zylinder von demselben Durchmesser wie die Kugel; diese ruht unmittelbar in d_2 und e_2, der Zylinder aber unter Zwischenschaltung von zwei Schraubenpaaren s_2 s_2 und s_4 s_4. Der Mikroskopträger f_2 verlängert sich nach hinten zu einem Arme g_2, der in eine Aussparung von A_2 hineinragt und sich mittels einer Schraube i_2 gegen A_2 legt. Nachdem man K_1 und K_2 horizontal und aufeinander einjustiert hat, stellt man die Mikroskope durch Schrauben an i_1 und i_2 nahezu vertikal und richtet sie mittels Drehens an i_2 s_4 s_4 unter Benutzung einer statt des Okulars eingesteckten Libelle genau lotrecht aus. Fortan bleiben s_4 s_4 (s_3 s_3) stets in der Stellung, die sie bei dieser Justierung erhalten haben, d. h. es bleibt die Neigung jedes Mikroskopes gegen die Achse seines Kollimators unverändert. Wenn die Kollimatoren bei Verschiebung

eines der Arme $A_1 A_2$ längs E nicht mehr aufeinander pointieren, so justiert man sie durch die Schrauben $s_2 s_3$ ($s_1 s_1$) ein; dann sind die Mikroskope einander wieder parallel, und sie bleiben innerhalb der erforderlichen Genauigkeit auch parallel der YZ-Ebene, wenn man sie mittels i_2 (i_1) gegen die Ebenen XY und XZ neigt.

Eine solche Verstellung ist nötig, weil mit schräg einfallendem Lichte beobachtet wird. Links vom Komparator, etwa 2,5 m über dem Fußboden, steht eine in einen Kasten eingeschlossene Gasglühlicht-Lampe; ihre Strahlen werden durch eine in der Vorderwand des Kastens befindliche große Linse parallel gemacht und fallen, durch die Linsen $l_1 l_2$ (Fig. 1) konzentriert, auf die Hypotenusenflächen der rechtwinkligen Prismen $p_1 p_2$, von hier werden sie reflektiert, gehen durch die Rohre $B_1 B_2$ und gelangen, diffus gemacht durch unten an den Rohren angebrachte matte Verschlußgläschen, auf die Maßstäbe und von diesen in die Mikroskope. Die Rohre B_2 (B_1) liegen auf K_2 (K_1) (Fig. 3) auf, sie können in n_2 (n_1) vertikal verschoben, durch Zahnrad und Zahnstange mittels des Knöpfchens m_2 (m_1) in Schlittenführungen k_2 (k_1) etwas nach vorn oder hinten geführt werden, und schließlich läßt sich auch ihre Neigung mittels der Schrauben o_2 (o_1) etwas variieren. Jeder Mikroskopkörper besteht aus präzise bearbeitetem dickem Stahlrohr; in dieses ist unten ein Messingrohr eingeschoben, das das Objektiv trägt; die Fassung desselben hat nach innen eine kugelförmige Fläche, die sich in entsprechende Hohlkugelstücke im Messingrohr legt; die Befestigung der Fassung ist mittels dreier Schrauben bewirkt, durch die die Objektivlinse gegen das Mikroskoprohr justiert werden kann. In das Stahlrohr ist von oben ein zweites Messingrohr gesteckt, das das Schraubenmikrometer und das gebrochene Okular trägt. Durch die so geschaffenen Möglichkeiten der Verstellung war man imstande, die Mikroskope derart einzujustieren, daß ihre Absehenslinien mit den Achsen der Stahlrohre nahezu zusammenfallen. Damit man die letzte Justierung des Parallelismus zwischen Mikrometerfäden und Maßstabstrichen nicht durch Drehung des Stahlrohres auszuführen braucht, trägt dieses am oberen Ende eine Schelle mit zwei konachsialen, einander gegenüberstehenden Schräubchen; die Spitzen derselben fassen zwischen sich einen Arm, der mit einer um das obere Messingrohr gelegten Schelle verbunden ist; so kann man mittels der beiden Schräubchen das obere Messingrohr, also auch den Mikrometerkasten drehen.

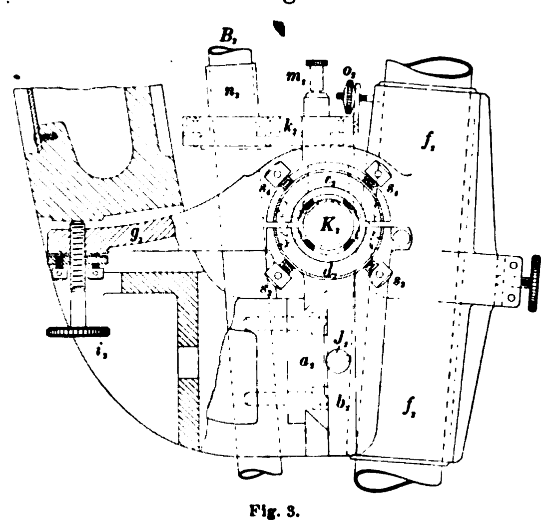


Fig. 3.

III. Die Vorrichtung zur Temperierung der Maßstäbe.

Die früher übliche Methode, Maßstäben eine gewünschte Temperatur zu geben, indem man die Luft und die Wände des Beobachtungsraumes erwärmte oder abkühlte, ist für Präzisionsmessungen als unzulänglich erkannt worden; das gewünschte Ziel kann man nur erreichen, wenn man die Stäbe entweder direkt in ein Flüssigkeitsbad einlegt oder, wo dies unmöglich ist, denselben die Wärme durch ihnen möglichst nahe befindliche und sie eng umschließende Massen von konstanter Temperatur mittels Strahlung

und Leitung zu- bezw. abführt. Innerhalb der bei Messungen am häufigsten gebrauchten Temperaturen zwischen 0° und etwa 60° eignet sich hierzu am besten Wasser (für etwas tiefere Temperaturen eine Salzlösung). Nur muß man nicht zu kleine Wassermengen anwenden, um eine genügende Konstanz der Temperatur zu erzielen. Wenn man solche Wasserbäder auf dem Komparator selbst aufbaut, so kommt man zu sehr unhandlichen und den Apparat stark belastenden Massen. In der Reichsanstalt ist daher ein anderer Weg beschritten worden: man bettet die Maßstücke entweder direkt in kleine Wasserbäder, die an geeigneten Stellen planparallele Glasplättchen zur Beobachtung der Striche erhalten, oder in Wannen, deren Wände unten und an den Seiten aus einer Rohrschlange bestehen; oben sind die Wannen durch Glasplatten abgedeckt; dabei läßt man das Temperierwasser fortwährend zu- und abfließen und sorgt dafür, daß die beim Umlauf etwa verloren gehende Wärme stets ersetzt wird. Man kann auf diese Weise mit großen Wassermassen, aber handlichen und verhältnismäßig sehr leichten Beobachtungsstücken arbeiten. Die Vorrichtung, die zu diesem Behufe benutzt wird, sei im folgenden nur kurz beschrieben[1]).

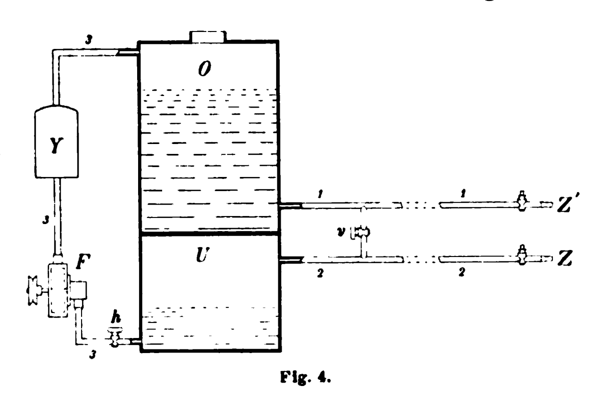


Fig. 4.

In einem Zimmer neben dem des Komparators befinden sich große Thermostaten, und zwar behufs wechselweiser Benutzung deren zwei. Jeder ist ganz aus Kupfer gebaut und besteht aus einem Oberkessel *O* von rd. 1 *cbm* und einem Unterkessel *U* von rd. 0,5 *cbm* Inhalt (vgl. die schematische Darstellung in Fig. 4); beide sind durch einen Luftmantel und durch Umwickelung mit Seidenzöpfen thermisch isoliert; infolgedessen sind die Wärmeverluste sehr gering: wenn der Inhalt von *O* auf 50° bis 60° gebracht worden ist, so beträgt der Temperaturabfall selbst im Winter innerhalb von 24 Stunden nur etwa 8°. Von dem unteren Teile des Oberkessels *O* führt ein Rohr *1* nach *Z'* (s. auch Fig. 1), von dem oberen Teil des Unterkessels *U* geht Rohr *2* nach *Z*; zwischen Rohr *1* und *2* ist eine durch einen Hahn *v* absperrbare Verbindung vorgesehen. Zunächst läßt man diesen Hahn geöffnet, also *1* und *2* miteinander kommunizieren, während die Hähne bei *Z* und *Z'* geschlossen bleiben. Der Wasserinhalt des Oberkessels entleert sich also über *1* und *2* in den Unterkessel; hier steigt das Wasser nur sehr wenig an und fließt durch ein niedriges Überfallrohr bald durch eine dritte Röhre *3* in eine kleine, elektrisch angetriebene Flügelradpumpe *F*, die es durch einen Junkersschen Schnellwassererhitzer *Y* treibt; es verläßt diesen, mehr oder weniger erwärmt, und strömt nach dem Oberkessel zurück und zwar oben hinein in schräg gerichtetem Strahl; dadurch wird das warme Wasser mit dem dort vorhandenen kälteren tüchtig durchmischt; das erwärmte Wasser geht unten wieder hinaus, um den geschilderten Kreislauf so lange fortzusetzen, bis die gewünschte Temperatur nahezu erreicht ist, was an einem in *1* eingeschalteten Thermometer erkannt wird. Auf diese Weise ist der Schnellwassererhitzer imstande, den gesamten Inhalt von *O*, also rd. 1 *cbm*, in etwa 3/4 Stunden von etwa 18° auf ungefähr 60° zu erwärmen. Jetzt schließt man den

[1]) Der Apparat ist von dem Klempnermeister O. Habermann in Berlin, W. 30, Bambergerstraße 31, angefertigt.

Hahn *v* und öffnet die Hähne bei *Z* und *Z'*, von wo aus Gummischläuche nach dem Komparator hinüber zu dem darauf befindlichen Wasserbade gelegt sind. Das Wasser geht nunmehr vom Oberkessel unten durch Rohr *1* nach *Z'*, durch das Wasserbad nach *Z*, von hier über Rohr *2* durch den Unterkessel in die Pumpe, den Wassererhitzer in den Oberkessel oben zurück, von hier wieder unten in Rohr *1*, u. s. f; dabei wird der Maßstab allmählich erwärmt, wobei man die Temperatur des Wassers langsam steigen läßt; ist die gewünschte Höhe erreicht, so stellt man den Gashahn des Wassererhitzers so klein, daß nur die geringe, bei der Zirkulation in den Rohren — die natürlich auch isoliert sind — verlorene Wärme ersetzt wird, also im Bade selbst Temperaturkonstanz eintritt. Sobald die an diesem angebrachten Thermometer eine genügende Zeit — etwa ½ Stunde — in Ruhe geblieben sind, schreitet man zur Beobachtung. Unter Umständen kann man dabei Rohr *3* durch einen direkt am Unterkessel befindlichen Hahn *h* sperren, also Pumpe und Wassererhitzer ausschalten; das Wasser geht dann direkt von Rohr *1* über das Wasserbad durch Rohr *2* in den Unterkessel, den es während der kurzen Zeit, die für die Einstellungen erforderlich ist, nicht zu füllen vermag; trotzdem ist hier auch für diesen Fall ein Überfallrohr vorgesehen, durch das das Wasser ins Freie treten kann. Selbst bei ausgeschaltetem Wassererhitzer beträgt während einer Beobachtungsreihe von 45 Min. der sehr gleichmäßig verlaufende Temperaturabfall des Wassers nur wenige hundertstel Grad. Nach der Beobachtung werden die Hähne bei *Z* und *Z'* geschlossen, und man bereitet eine neue Temperierung vor.

Will man eine präzise Gesamtlängenbestimmung machen, also dem Normal und dem zu untersuchenden Stück dieselbe Temperatur geben, so legt man beide in *eine* Wanne, oder, sofern zwei verschiedene Wannen nötig werden, gabelt man den Wasserstrom hinter *Z'* und vor *Z*. Handelt es sich um Ermittelung von Ausdehnungskoeffizienten, soll also das Normal immer nahezu die gleiche Temperatur haben, so steht hierfür ein kleinerer Thermostat zur Verfügung, den man mit Wasser von Zimmertemperatur beschickt, das man durch eine zweite Pumpe direkt — ohne Zwischenschaltung eines Heizapparates — in Umlauf setzt; man kann zudem in diesem Falle nicht selten ein Normal aus Invar benutzen. Zur Abkühlung unter Zimmertemperatur verwendet man Eiswasser, das man aus einem noch kleineren Gefäß durch die Wanne laufen läßt.

Über einige Neueinrichtungen für Längen- und Kreisteilungen mit Mikroskop-Ablesung.

Von

Dr. C. **Pulfrich** in Jena.

(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiß.)

Bei den bisherigen Längen- und Kreisteilungen mit Mikroskop-Ablesung ist die Anordnung in der Regel so, daß man im Mikroskop sowohl die ganzen Millimeter bezw. Grade als auch deren Unterabteilungen abliest. Man muß hierbei, um eine Ablesung zu machen und aufzuschreiben, mehrere Male in das Mikroskop hineinschauen, und außerdem verlangt das eng begrenzte Gesichtsfeld des Mikroskopes die Bezifferung jedes einzelnen Millimeters bezw. Grades.

Man kann die Ablesung wesentlich vereinfachen und die Zahl der bezifferten Striche auf das denkbar geringste Maß beschränken dadurch, daß man jedesmal

2 Teilungen anbringt: eine *Grobteilung mit einem einfachen Index für die Ablesung* der ganzen Millimeter bezw. der ganzen Grade *mit bloßem Auge* und eine *Feinteilung für die Ablesung* der Unterabteilungen *mit Hülfe des Mikroskops.* Diese Anordnung ist jedenfalls keine Verschwendung, denn einmal ist die Grobteilung gar nicht den hohen Anforderungen an die Genauigkeit unterworfen, die für die Feinablesung verlangt wird, und es sind daher die durch ihre Anbringung entstehenden Mehrkosten nur sehr gering; andererseits besteht eine große Ersparnis darin, daß die Bezifferung der Feinteilung jetzt ganz unterbleiben kann, und daß zur Unterscheidung der einzelnen Striche eine Bezifferung der Grobteilung von 10 zu 10 *mm* bezw. von 10 zu 10° vollständig ausreicht.

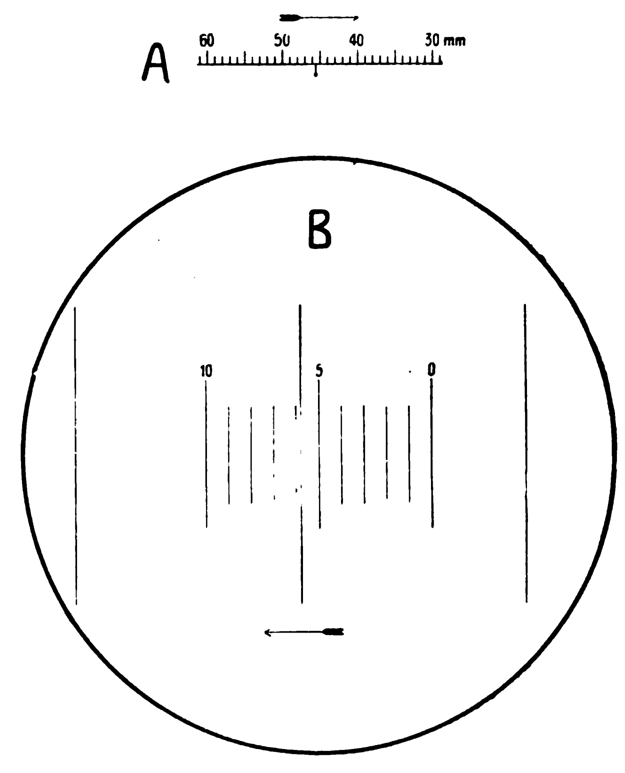


Fig. 1. *Ablesung der Parallaxe an dem mit Glasmaßstab und Schätzmikroskop ausgerüsteten Stereo-Komparator.*

A grobe *mm*-Teilung auf Metall mit einfachem Index, für die Ablesung mit freiem Auge; B feine *mm*-Teilung auf Glas mit einer 10-teiligen Okularskale im Schätzmikroskop.

Ablesung: 45,58 *mm*.

Die Maßstäbe sind mit der rechten Platte des Stereo-Komparators fest verbunden. Bei zunehmender Parallaxe — Verschiebung der Maßstäbe nach rechts — wandern die Striche im Mikroskop von rechts nach links durch das Gesichtsfeld.

Besonders aber ist diese Art der Verteilung der Ablesung auf zwei in ihren Funktionen vollständig voneinander getrennte Teilungen für den Beobachter eine große *Erleichterung*, denn man kann jetzt schon in einigem Abstande vom Apparate die Grobablesung vornehmen und diese aufschreiben; in das Mikroskop schaut man nur, wenn man die feineren Unterabteilungen ablesen und dem Protokoll hinzufügen will.

Ich habe diese Anordnung neuerdings mit bestem Erfolge beim Stereo-Komparator, Modell A, B und C[1]), und bei den neuen Phototheodoliten und Theodoliten angewandt: beim Stereo-Komparator für die Ablesung der Parallaxe (siehe Fig. 1), bei den angegebenen Winkelmeßinstrumenten für die Ablesung der Horizontalwinkel (siehe die Fig. 2, 3 und 4).

In allen Fällen befindet sich die *Grobteilung* auf *Metall.* Die Striche und die Zahlen sind weiß eingelassen auf schwarzem Grunde, so daß man sie bequem mit bloßem Auge ablesen kann.

Als Untergrund für die *Feinteilung* habe ich *Glas* gewählt; einmal deshalb, weil eine Teilung auf Glas viel weniger leicht dem Verderben durch atmosphärische Einflüsse unterworfen ist als eine solche auf Metall, und zweitens deshalb, weil man auf

[1]) Mod. A für Platten bis zu 24 × 30 *cm*; Mod. B für Platten bis zu 16 × 18 *cm*; Mod. C für Platten 12 × 30 *cm* (Spezialinstrument für die Küstenvermessung vom Schiff aus, eingerichtet für *zwei* Plattenpaare).

Glas mit dem Diamanten sehr feine, gerade und gleichmäßige Striche ziehen kann. In unserem Falle sind die Feinteilungen beim Stereo-Komparator eine einfache *mm*-Teilung und bei dem Phototheodolit eine Grad-Teilung, beide Teilungen, wie gesagt, ohne jede Bezifferung.

Längenteilungen auf Glas sind vielfach im Gebrauch, auch ist die für die Sichtbarkeit der Striche — dunkel auf hellem Grunde — wertvolle Beleuchtung von unten hierbei in den meisten Fällen ohne Schwierigkeit zu bewerkstelligen; dagegen sind *Kreisteilungen auf Glas* bis jetzt nur relativ sehr selten in Anwendung gekommen,

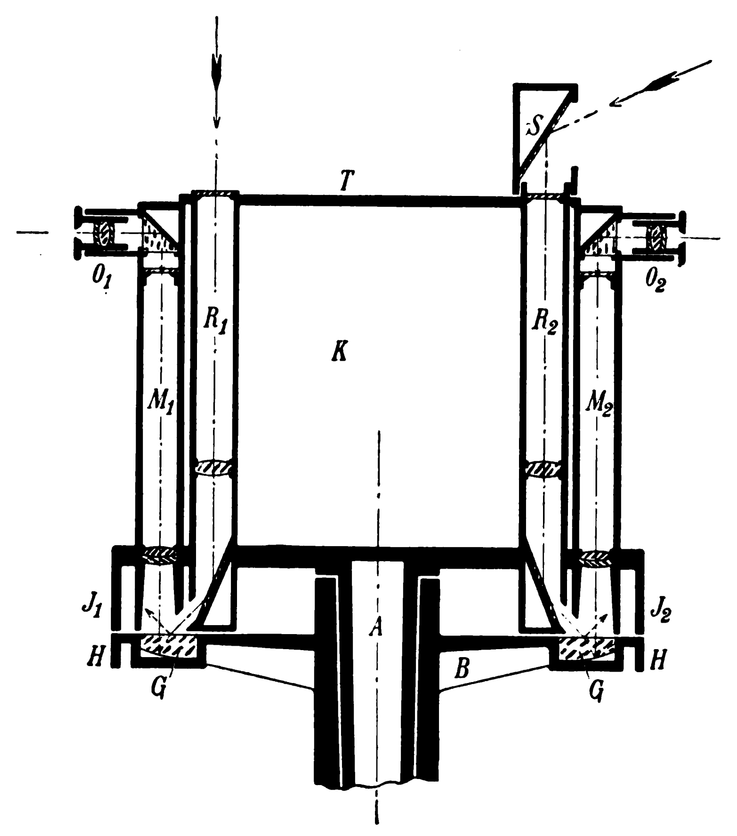


Fig. 2. *Ausrüstung des Phototheodolits mit dem Glaskreis und den neuen Schätzmikroskopen.*

A die mit der Kamera *K* und dem Tisch *T* für den Fernrohraufsatz fest verbundene Drehungsachse; *B* die mit dem Dreifuß verbundene Büchse, mit dem darin eingebetteten Glasring *G*, auf diesem die Feinteilung, 360 Striche ohne Bezifferung; R_1 und R_2 die mit der Kamera fest verbundenen Beleuchtungsrohre für die Lichtzufuhr von oben; *S* aufsteckbarer und um die Rohrachse drehbarer Spiegel für die Lichtzufuhr von der Seite; M_1 und M_2 die beiden ebenfalls mit der Kamera fest verbundenen Schätzmikroskope mit dem Transversal-Maßstab (B in Fig. 3) und mit den um die Rohrachse zum Drehen — Wegschlagen — eingerichteten Okularen O_1 und O_2; *H* Horizontalkreis mit Gradteilung und Bezifferung von 10 zu 10 Grad und mit einfachem Index (J_1 und J_2), zum Ablesen mit freiem Auge.

vielleicht nur deshalb, weil man hier die Beleuchtung für den ganzen Kreisumfang nur dann vornehmen kann, wenn man die Glasscheibe ringsum am Rande frei vorstehen läßt, eine Anordnung, bei der der Glaskreis allzusehr der Gefahr einer Beschädigung ausgesetzt ist.

Bei der von mir angewandten und im folgenden näher beschriebenen Anordnung ist dieser Nachteil vermieden. Wie man aus den Fig. 2 und 4 ersieht, ist die zur Feinablesung bestimmte Teilung auf einem *Glasring G* angebracht, der vollständig geschützt in der Metallfassung eingebettet ist, sodaß nur die obere, mit der Teilung versehene, ebene Fläche des Glasringes frei liegt. Die *Beleuchtung* kann natürlich

hierbei nur von oben vorgenommen werden, aber sie *erfolgt so, dafs sie der Beleuchtung von unten vollkommen gleichwertig ist.*

Zu dem Ende ist die untere Seite des Glasringes sphärisch geschliffen, poliert, versilbert und lackiert, und der Einfall der Lichtstrahlen auf die Teilungsfläche (siehe Fig. 2 und 4) erfolgt unter einem solchen Winkel, daß die von ihr reflektierten Strahlen gar nicht in das Gesichtsfeld des Mikroskopes gelangen können; dagegen werden die in den Glasring eintretenden Strahlen an der unteren Spiegelfläche des Glasringes vollständig reflektiert, und die Strahlen gehen hierauf senkrecht durch die Teilungsfläche hindurch. In der Tat ist bei dieser Anordnung die *Sichtbarkeit der Striche genau so*, wie sie sonst nur bei Glasteilungen *im durchfallenden Lichte* zustande kommt, ohne irgend welche falsche Reflexe.

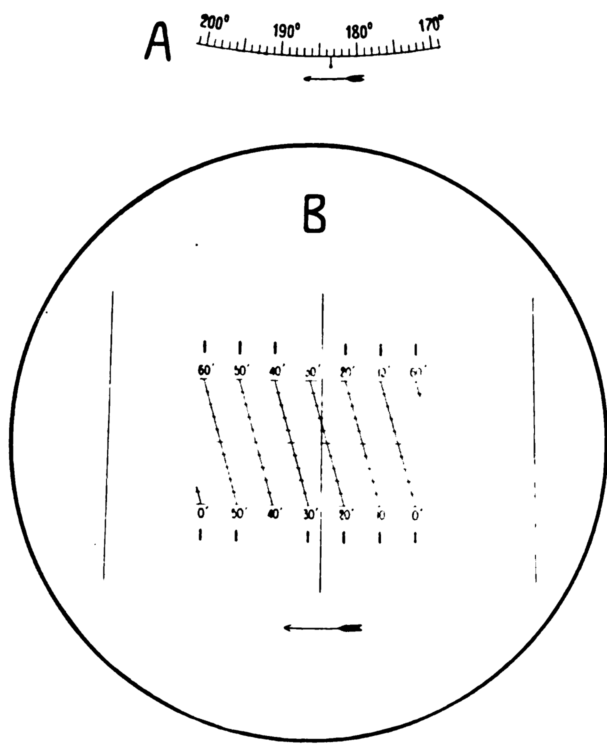


Fig. 3. *Ablesung des Horizontalkreises an dem in Fig. 2 skizzierten Phototheodolit.*

A grobe Gradteilung auf Metall mit einfachem Index, für die Ablesung mit freiem Auge; B feine Gradteilung auf Glas mit dem Transversal-Maßstab im Schätzmikroskop.

Ablesung: 183° 26,6'.

Bei Rechtsdrehung der Kamera nimmt die Teilung zu, und die Striche wandern im Gesichtsfeld des Mikroskops in der Pfeilrichtung von rechts nach links.

Die gleiche Anordnung — Anwendung eines Glasstabes mit prismatischem Querschnitt — läßt sich auch mit Vorteil bei Längenteilungen verwenden, wenn man Wert darauf legt oder dazu gezwungen ist, das Licht zur Beleuchtung der Striche von oben auf die Teilung fallen zu lassen. Auch kann man den Glasstab ebenso wie den Glasring in eine Metallschutzhülle einschließen, wobei nur die Teilungsfläche frei zu liegen braucht.

Für die Ablesung der Unterabteilungen der Millimeter bezw. der Grade benutzt man in beiden Fällen *Schätzmikroskope*. Das Schätzmikroskop für die *mm*-Teilung ist so, wie es auch anderswo im Gebrauch ist. Im Okular befindet sich eine 10-teilige Skale (B in Fig. 1), deren Länge, im Bilde gemessen, genau 1 *mm* beträgt; man liest an der Skale die Zehntel-Millimeter direkt ab und schätzt die Hundertstel.

Man kann übrigens die Messungsgenauigkeit in diesem Falle noch leicht dadurch erhöhen, daß man die Okularskale mit einem *Okularschraubenmikrometer* (eine Umdrehung gleich 0,1 *mm*) versieht und die vorher geschätzten Hundertstel jetzt mit der Schraube mißt, wobei man dann die hundertstel und tausendstel Millimeter an der 100-teiligen Trommel der Schraube abliest. Natürlich muß bei dieser Art der Messung die Nullpunktslage der Okularskale durch einen im Gesichtsfeld des Mikroskopes angebrachten Strich, der an der Verschiebung der Okularskale nicht teilnimmt, als solche erkennbar gemacht sein. Auch ist zu bemerken, daß bei Benutzung eines

solchen Okularschraubenmikrometers eine Okularskale mit Doppelstrichen der Skale mit einfachen Strichen vorzuziehen ist.

Das *Schätzmikroskop für die Kreisteilung* hat eine etwas andere Einrichtung erhalten. Ich habe hier mit bestem Erfolge den bisher nur bei Längenteilungen üblichen *Transversal-Maſstab* in Anwendung gebracht; die Anordnung und die Art der Ablesung sind aus Fig. 3 zu ersehen. *Man erhält die ganzen Minuten direkt und die Zehntel-Minuten durch Schätzung.*

Beim Phototheodolit ist diese Anordnung zum ersten Male praktisch erprobt worden. Der Durchmesser des Glasringes bezw. der Teilung beträgt nur 11,5 *cm*, und die Striche haben eine Strichstärke von rund 0,002 *mm*. Die Vergrößerung der Mikroskope ist eine 25- bis 30-fache. Die gleiche Anordnung dürfte auch für andere

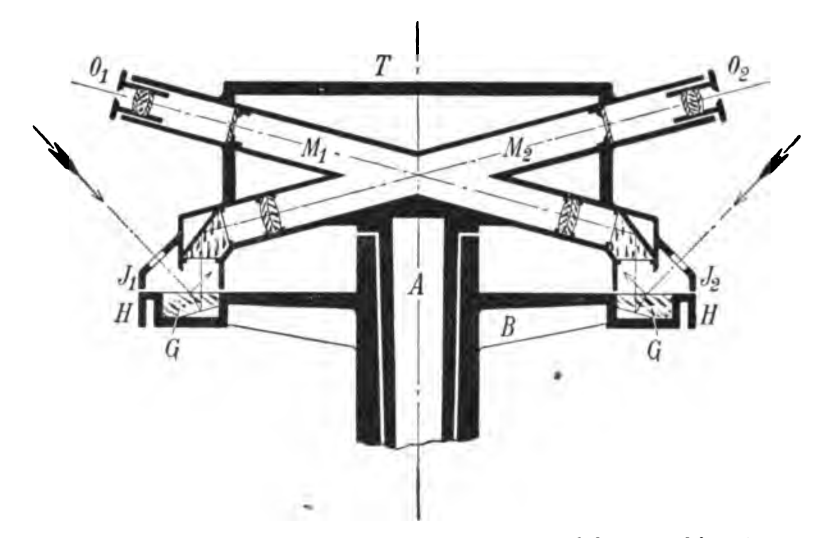


Fig. 4. *Ausrüstung eines Winkelmeſsapparates mit dem Glaskreis und den neuen Schätzmikroskopen.*

Bei dieser Anordnung sind die Mikroskope M_1 und M_2, um sie nicht vorstehen zu lassen, über Kreuz gestellt, und man macht somit die feine Ablesung jedesmal an der dem Beobachter gegenüberliegenden Stelle des Glaskreises. Da der Glaskreis nicht beziffert ist, so hat diese Art der Ablesung für den Beobachter nichts Auffälliges. Man unterscheidet daher die beiden Mikroskope, wie in der Figur geschehen, durch M_1 und M_2 oder mit links und rechts, je nach der Lage des Okulars zu dem darunter befindlichen Index J der Grobteilung.

Die Bezeichnung der einzelnen Teile ist in Übereinstimmung mit der in Fig. 2 gewählten Bezeichnung.

Winkelmeßinstrumente zu empfehlen sein, denn sie gestattet eine bequeme und für die meisten Zwecke ausreichend genaue Winkelmessung, bei einem relativ sehr kleinen Kreisdurchmesser.

Die Ablesung der Winkelwerte ist in der Tat außerordentlich bequem; sie ist jedenfalls viel bequemer als mit Hülfe der bekannten, in Österreich vielfach im Gebrauche befindlichen Schätzmikroskope: Benutzung einer 10-teiligen Okularskale, in die die in feine Spitzen ausgezogenen Striche einer von Grad zu Grad bezifferten 10′-Teilung hineinragen.

Fig. 4 endlich zeigt eine etwas andere, für *Theodolite* und sonstige Meßinstrumente, z. B. *Goniometer* und *Spektrometer*, empfehlenswerte Anordnung, die ebenfalls auf der Anwendung des Glaskreises und der neuen Schätzmikroskope beruht, die aber noch den besonderen Vorteil besitzt, *daſs die Mikroskope nicht vorstehen.* Auch ist, wie aus der Figur ersichtlich, eine besondere Beleuchtungsvorrichtung hierbei nicht erforderlich.

Jena, im November 1907.

Spektroskopische Vorrichtungen.

Von
C. Leiss in Steglitz bei Berlin.
(Mitteilung aus der mechanisch-optischen Werkstätte von R. Fuess.)

I. Handspektrophotometer, Modell II.

Neben dem in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 307. 1906* kurz besprochenen Handspektrophotometer, das eine Kombination von zwei Nicolschen Prismen mit einem Taschenspektroskop bildet, fertigt die Firma R. Fuess nach Angaben des Hrn. P. G. Nutting[1]) vom *Bureau of Standards* in Washington noch ein zweites, vollkommeneres Modell. Bei dieser Ausführungsform können beliebige Teile des Spektrums durch einen Spalt „herausgegriffen" und alle übrigen für die jeweilige Untersuchung nicht in Frage kommenden Teile abgeblendet werden. Aus Fig. 1 ist die Gesamtanordnung des Modells II ersichtlich. T ist ein von 2⁰ zu 2⁰ geteilter Kreis, mit welchem das Nicolsche Prisma N_1 (Polarisator) gedreht wird. Sp ist ein geränderter Ring für die Regulierung des Spaltes, v eine Öffnung für den Eintritt der Lichtstrahlen der zu vergleichenden



Fig. 1.

Lichtquelle. Ein die Hälfte des Spaltes verdeckendes totalreflektierendes Prisma lenkt die von v kommenden Strahlen in den Spalt; N_2 ist der Analysator, welcher fest in seine Hülse gefaßt ist, O_1 ein Objektiv, in dessen Bildebene sich der Spalt befindet, und welches deshalb ein paralleles Lichtbündel durch das Amicische Prisma A sendet.

An neuen Bestandteilen sind hinzugekommen: das Objektiv O_2, der Spaltschieber S und das aus den beiden Linsen L_1 und L_2 bestehende und durch das Knöpfchen l einstellbare Beobachtungs-Okular. Das Objektiv O_2 vereinigt die aus dem Amicischen Prisma A austretenden parallelen Strahlen in der Ebene des Spaltschiebers S. Dieser Schieber besitzt auch eine runde Öffnung, die ein Arbeiten bei voll ausgedehntem, nicht abgeblendetem Spektrum gestattet. Die Spaltöffnung beträgt etwa 0,25 *mm*, und diese kann mittels des Schiebers über das ganze Spektrum nach Belieben hinweggeführt werden.

Die Dispersion des verwendeten Amicischen Prismas beträgt zwischen C und F etwa 5^0.

II. Handspektroskop für Untersuchungen im Ultraviolett.

Das vom Verfasser in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 307. 1906* beschriebene Handspektroskop für Untersuchungen im Ultraviolett hat inzwischen auf Veranlassung des unter der Leitung des Hrn. Prof. Dr. Wiener stehenden Physikalischen Institutes in Leipzig und unter besonderer Mitwirkung des Hrn. Dr. Scholl vom letztgenannten

[1]) Vgl. *Bull. of the Bureau of Standards* **2.** *S. 317. 1906.*

Institut einige Verbesserungen erfahren. Als die wichtigste dieser Verbesserungen ist die Anfügung einer Wellenlängenskale zu betrachten. Dadurch hat sich die gesamte optische Anordnung des kleinen Instrumentes merklich geändert. Fig. 2 zeigt einen Hauptschnitt durch das Spektroskop. S ist der durch den Ring R regulierbare Spalt, O_1 das aus Quarz bestehende Kollimatorobjektiv; Q_1 und Q_2 sind zwei Quarzprismen aus Rechts- und Linksquarz, O_2 ist das Objektiv, welches das Spektrum auf die sehr schräg gestellte, dünne, fluoreszierende Uranglasplatte U projiziert. Die Neigung von U ist so gewählt, daß möglichst alle Teile des Spektrums scharf auf U abgebildet werden. Das auf U erzeugte fluoreszierende Spektrum des Ultraviolett wird durch ein Okular betrachtet, welches sich aus den zwei Linsen L_1 und L_2 zusammensetzt. Um die Sehschärfe verschiedener Augen auszugleichen, läßt sich das Okular l in seinem Tubus verschieben. Das Spaltrohr s ist innerhalb mäßiger Grenzen orientiert verschiebbar, damit man alle Teile des Spektrums scharf auf U zur Abbildung bringen kann.

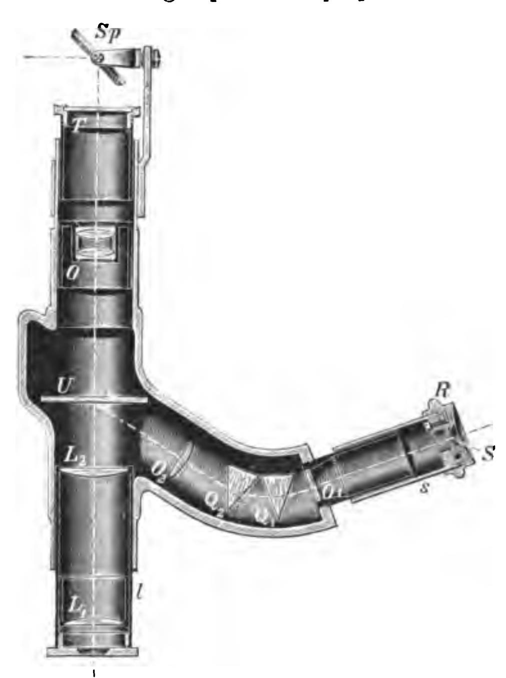


Fig. 2.

Die Einrichtung für die *Wellenlängenbestimmung* besteht aus der Skale T und dem Linsensystem O, welches ein Bild der Skale auf die Uranglasplatte projiziert. Die Abstände zwischen U und O einerseits und O und T andererseits sind ein für allemal feststehend. Zur Beleuchtung der Wellenlängenskale dient der drehbare und neigbare Spiegel Sp. Als Lichtquelle kann hierbei die zu untersuchende Lichtquelle oder eine Hülfsflamme dienen. Die Wellenlängenskale umfaßt das Gebiet zwischen 4500 und 1800.

Die Quarzobjektive haben wie bei der ersten Ausführungsform eine Öffnung von etwa 10 *mm* und eine Brennweite von ungefähr 40 *mm* für Na-Licht.

Bei der *Handhabung* des Spektroskopes ist zu beachten, daß die Scharfstellung des Spektrums nur durch Verschieben des Spalttubus s geschehen kann. Durch Stellen am Okular können nur verschiedene Sehschärfen ausgeglichen werden. Am besten stellt man das Okular zuerst auf die Wellenlängenskale scharf ein und korrigiert dann erst die Spaltöffnung.

Referate.

Planimeterstudien.

Von E. Doležal. *Sonderabdruck aus „Jahrbuch der k. k. montanistischen Hochschulen zu Leoben und Přibram". Heft IV, 1906 und Heft I, 1907. 8°. 131 S. m. 5 Tafeln. Wien, Manz 1907.*

Diese wichtigen Studien zerfallen in fünf Teile; der erste ist historisch, der letzte bibliographisch, die drei andern sind theoretisch-praktisch.

Der I. Teil beschäftigt sich mit der „Geschichte des Planimeters in Österreich". Es ist heute allgemein bekannt, daß der österreichische Montanist (Professor an der Bergschule

Leoben) Albert Miller (später v. Hauenfels) ziemlich gleichzeitig mit Jakob Amsler (sen.) das *Polar*-Planimeter erfunden hat. Immerhin ist Amsler der frühere, seine Erfindung stammt aus 1854, nicht 1856, wie nach dem Datum der ersten Publikation über die Sache meist angegeben wird; allerdings ist Miller von Hauenfels nicht von Amsler abhängig gewesen (vgl. z. B. auch meine Besprechung der Schrift von Schmiedeberg, „Zur Geschichte der geographischen Flächenmessung bis zur Erfindung des Planimeters" in *Petermanns geograph. Mitteilgn. Gotha 1907, Lit. Ber. Nr. 317*). Im Jahre 1855 war bereits ein vom Mechaniker gefertigtes Exemplar des Amslerschen Instruments auf der Pariser Weltausstellung (während im Jahr zuvor Amsler sein erstes Instrument selbst angefertigt hatte), und noch in demselben Jahr hat Amsler Patente in Frankreich, England, Bayern erworben. Die Erfindung Prof. Millers, dessen Instrument bekanntlich von G. Starke in Wien ausgeführt wurde, stammt aus 1855; die *Zeichnungen*, die dem Patentamt Wien mit der Beschreibung und dem Patentgesuch im September 1855 eingereicht wurden, tragen das Datum Juni 1855. Doležal bringt dankenswerter Weise einen vollständigen Abdruck dieser Patentschrift (nebst Abbildung der ursprünglichen Form des Instruments, Tafel I). Das Polarplanimeter hat in den Formen der Amslerschen und der Miller-Starkeschen Instrumente in wenigen Jahrzehnten alle älteren Konkurrenten in der mechanischen Flächenbestimmung, insbesondere die auf rechtwinkligen Koordinaten beruhenden Planimeter (Wetli u. s. f.) aus dem Felde geschlagen. Das von Starke „verbesserte Polarplanimeter" (Taf. II bei Doležal) stammt aus 1856 und nähert sich der Amslerschen Einrichtung. Eine andere Planimeterform, ein Linealplanimeter, hat Miller von Hauenfels 1860 durch F. W. Breithaupt in Kassel ausführen lassen; auch dieses Instrument wird genau beschrieben und (Taf. III, Fig. 1) abgebildet: es ist eines der neuerdings (besonders durch Hohmann-Coradi) zu so großer Wichtigkeit gelangten Polarplanimeter mit ∞-langem Polarm, d. h. mit geradliniger Hin- und Herführung des Stangengelenks. Das Instrument konnte mit Lineal außerhalb und innerhalb der zu bestimmenden Fläche gebraucht werden.

Viel weniger bekannt geworden ist, daß ein zweiter österreichischer Montanist, der frühere Sektionsrat J. Stadler (gest. 1871), Direktor des Berg- und Hüttenwerks in Eisenerz, Steiermark, ebenfalls mit Ehren in der Geschichte der mechanischen Bestimmung des Flächeninhalts beliebiger ebener Figuren zu nennen ist. Er selbst hat über seine Planimeter nichts veröffentlicht, und so sind seine Erfindungen bis 1883 (Notiz von Hinterhölzl in der *Zeitschr. f. Vermess. 1883*, in einem Nachtrag von Doležal *S. 131* angeführt) und 1884 so gut wie völlig unbeachtet geblieben. Von den beiden Planimeterkonstruktionen Stadlers stammt das „*Hyperbelplanimeter*" aus der ersten Hälfte der 50-er Jahre des vorigen Jahrhunderts; es ist in der endgültigen Form von einem Hrn. Smollin in Eisenerz 1855 ausgeführt worden und erinnert an die Planimeter aus den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts, an deren Stelle, wie oben angedeutet, zur gleichen Zeit, als Stadler seine Erfindung machte, die neuen *Polar*-Planimeter von Amsler und von Miller-Starke zu treten sich anschickten. Immerhin ist auch dieses Instrument von Interesse, wenn es auch in Beziehung auf Einfachheit der Theorie, Bequemlichkeit der Handhabung, Preis u. s. f. den Vergleich mit den Polarplanimetern nicht aushalten kann. Der Verf. bildet das erste und das endgültige Modell des Hyperbelplanimeters ab und entwickelt die Theorie. Das zweite der Stadlerschen Instrumente ist ein dem Millerschen Linealplanimeter nahestehendes *Rollplanimeter*: nur wälzt sich bei Miller die Integrierrolle auf dem mit Papier überzogenen Lineal ab, beim Stadlerschen Instrument unmittelbar auf der Ebene der zu bestimmenden Figur.

Der II. Teil der Studien behandelt die oft erörterte Frage der zweckmäßigsten Ermittlung der Konstanten des Polarplanimeters (in den Grundgleichungen 1), *S. 36*, bezieht sich die *erste*, nicht die *zweite* auf den Fall: „Pol außerhalb"). Der Verf. unterscheidet dabei das „summarische" und das „getrennte" Verfahren; jenes benutzt zwei „Probeplatten" von den Flächeninhalten f und F bei Pol außerhalb und bei Pol innerhalb, um alle Konstanten und alle Abmessungen auf einmal zu erhalten. Die Genauigkeit dieser Bestimmung der Konstanten und Dimensionen wird mit Hülfe der Methode der kleinsten Quadrate eingehend

untersucht. Bei der getrennten Bestimmung der Dimensionen und der Konstanten geht der Verf. auf den Aufsatz von Schell („allgemeine Theorie des Polarplanimeters“ 1868) zurück, wobei er die Genauigkeitsuntersuchungen erweitert. Zahlenbeispiele erläutern die Rechnungsregeln.

Im III. Teil gibt der Verf. „Graphische Darstellungen auf Grund der Flächengleichungen“ für Pol außerhalb und Pol innerhalb, im IV. Teil „Theoretische Untersuchungen“ (1. Fahrstift und Rollenkurve, 2. Flächenrelationen, 3. Mittlere Fehler der Konstanten, der Flächen und der Dimensionen). Diese Untersuchungen sind insofern nicht vollständig, als sie auf eine Anzahl von Fehlerquellen keine Rücksicht nehmen, die beim praktischen Gebrauch des Polarplanimeters auftreten.

Mit Dank wird von vielen Lesern besonders auch der V. Teil der „Studien“ begrüßt werden, der zuerst eine Literaturzusammenstellung der mechanischen Planimetrie bis 1880 bietet (Veröffentlichungen in deutscher, englischer, französischer und italienischer Sprache), beginnend mit Zobels Beschreibung einer Flächenberechnungs- und Teilungsmaschine 1815, und in der gegen 150 Arbeiten aufgezählt werden; sodann folgt eine nach Jahren angeordnete Bibliographie von 1880 bis 1905. *Hammer.*

Ein neues Präzisionsnivellement auf den Großen St. Bernhard.

Von J. Hilfiker. *Vierteljahrsschr. d. Naturf.-Ges. Zürich* **52.** *S. 364. 1907.*

Diese neue Feinnivellementsarbeit aus der Schweiz ist hier anzuzeigen nicht nur wegen des historischen Interesses, das sich an den Höhenunterschied Genf—St. Bernhard in der Geschichte der barometrischen Höhenmessung knüpft, sondern namentlich auch wegen der Verbesserungen, die Hilfiker beim Nivelliervorgang auf *Gebirgsstraßen* angewandt hat.

Nach der trigonometrischen Höhenbestimmung durch Roget, bald nach Einrichtung der meteorologischen Station auf dem St. Bernhard durch Pictet (1817), ist die erste Bestimmung des Höhenunterschieds zwischen Genf (Pierre du Niton) und dem St. Bernhard (Barometer der meteorologischen Station) mit Hülfe des Nivelliers 1855 durch Plantamour und Burnier ausgeführt worden, wobei besonders die letzte Strecke von Bourg St. Pierre bis zum Hospiz mit einem Höhenunterschied von 845 *m* auf einem schlechten steilen Saumpfad große Schwierigkeiten bot. Das Ergebnis war: Barometer im Hospiz 2101,70 *m* über der Bronzeplatte der Pierre du Niton. Das Ergebnis der neuen Feinnivellierung für denselben Höhenunterschied, um dieses gleich beizufügen, lautet 2101,23 *m*. Dieses neue Nivellement ist im Herbst 1905 von Martinach bis Orsières geführt und im Sommer 1906 vollendet worden, wobei der Anschluß an das Nivellement des italienischen Militär-Geogr. Instituts (1904) von Aosta zum Hospiz herauf durch abermaliges Nivellieren der obersten 4 *km* des italienischen Nivellements (Gefäll 260 *m*) hergestellt wurde, um im Falle des Auftretens *systematischer* Fehler bei dem stetig steigenden Schweizer Nivellement eine Kontrolle durch eine Strecke mit starkem Gefäll zu erhalten.

Es haben nun die von der ungenauen Bestimmung der Länge des Lattenmeters abhängigen systematischen Fehler bei dem hier zu besprechenden Nivellement fast vollständig vermieden werden können, wie denn überhaupt der Nivellierfehler auf einen bisher für ein *Gebirgs*-Nivellement unerreicht kleinen Betrag hat herabgedrückt werden können. Auf die Versicherung der Festpunkte u. dgl. will ich hier nicht weiter eingehen; auch von der eigentlichen Nivelliermethode sei nur erwähnt, daß nach Einmessung (mit Schnur) der Stände des Instruments und der beiden Latten die Latte 1 auf den Anfangspunkt und gleichzeitig Latte 2 auf den ersten Wechselpunkt gesetzt wurde, sodaß unmittelbar nacheinander Latte 1 und Latte 2 abgelesen werden konnten; und zwar wurde stets mit *einspielender* Libelle nivelliert. Früher wurden bei den Nivellierungen des Verf. beide Latten unmittelbar neben einander gestellt. Die Unterlagsplatte kann bei nicht großer Sorgfalt des Lattenträgers besonders auf stark geneigter Straße beim Wenden der Latte leicht etwas verschoben werden; um sie möglichst fest legen zu können und Senkungen der Platte und Latte zwischen Vor- und Rückblick zu vermeiden, wird jetzt dem Lattenträger ein Scharreisen mitgegeben, mit dem

er den Straßenstaub und, nach Niederschlägen, die Schmutzschicht der Straße vor Niederlegen der Platte beseitigen kann. Für die Latten sind seit 1902 Versuche mit *Gestellen* gemacht worden; 1904 gelang eine befriedigende Konstruktion aus Bambusstäben, die aber jetzt durch leichte Stahl- oder Messingrohre ersetzt sind. Da der Höhenunterschied zwischen Festpunkt 78 in Martigny und dem Hospiz nahezu 2000 *m* beträgt, so wurde die Hauptsorgfalt der Lattenvergleichung zugewandt. Die früheren Stahlstäbe mit Strichen in 1 *m* Entfernung mit anschließender Teilung von 1 *mm*, die durch Nonius abgelesen wurde, und mit eingelassenem Quecksilberthermometer, sind jetzt durch Invarstäbe mit ⊔-Querschnitt ersetzt, die nahe den Stabenden eingesetzte Glaslamellen mit auf der Unterseite aufgetragener *mm*-Teilung haben. Die Wärmeausdehnung wurde beim Stab Nr. 1 zu 0,0018 *mm* ermittelt, ist also 7-mal günstiger als bei Stahl, sodaß es jetzt auf einige Grad Temperaturfehler nicht mehr ankommt. Die einfache Lupenablesung des Nonius ist neuestens durch Mikroskopablesung ersetzt, wobei die Schraube $^1/_4$ *mm* Ganghöhe hat, also 1 Trommelteil $2^1/_2$ μ vorstellt. An Latten haben die zwei Ingenieure Gaßmann und Dr. Hilfiker verwendet: der erste 1905 eine Latte von altem Typus und eine neue Reversionslatte, 1906 zwei neue Reversionslatten mit Gestellen, der zweite zwei Kompensationslatten nach Goulier mit Gestellen. Die Kompensationslatten haben den Vorteil, daß sich auf ihnen die Meterlänge leicht mehrmals täglich feststellen läßt, während man bei den Vergleichungen mit Hülfe des Metallmeterstabs wegen des großen Zeitaufwands jedenfalls mit *einer* täglichen Vergleichung zufrieden sein muß. Die Kompensationslatten zeigen jedoch wegen des verhältnismäßig großen Gewichts der Metallstäbe bei den Feldvergleichen Durchbiegungen, die Verbesserungen an den unmittelbaren Ergebnissen solcher Feldvergleiche auf Grund von Versuchen am Komparator notwendig machen. Ganz umgehen lassen sich aber Feldvergleiche auch für Kompensationslatten nicht, schon weil der Kompensationsmechanismus versagen kann. Bei mäßig windigem Wetter wurden Windschirme verwendet. Als *Nivelliere* sind ein Breithauptsches Instrument (nach Seibt) und ein Kernsches Instrument verwendet worden; beide Beobachter haben 40-fache Vergrößerung benutzt. Die kleinen Zielweiten, die sich im Gebirgsnivellement von selbst ergeben, und bei denen die störenden Refraktionsanomalien fast ganz wegfallen, die bei großen Zielweiten und nicht bedecktem Himmel beinahe stets auftreten, haben sehr günstig auf die Genauigkeit gewirkt. Nivelliert wurde besonders in den Frühstunden und nachmittags von 4^h an. Die zwei Nivellierungen sind von den zwei Beobachtern ganz unabhängig in den zwei Richtungen gemacht und von jedem Beobachter für sich reduziert. Nur solche Strecken sind nochmals nachnivelliert worden, bei denen der Unterschied zwischen beiden Nivellements pro *km* 1,5 *mm* überschritt; es waren dies 3 *km* von 46 *km*. Der *mittlere 1 km-Fehler* des *einfachen* Nivellements bewegt sich zwischen $\pm$ 0,46 und $\pm$ 0,81 *mm*; im Mittel ist er $^2/_3$ *mm*, ein mit Rücksicht auf den Höhenunterschied von 2000 *m* auf 46 *km* Länge bis jetzt sonst nirgends erreichtes Ergebnis.

Hammer.

Die Feuchtigkeitsmessung bei Registrierballonaufstiegen.

Von E. Kleinschmidt. *Beiträge z. Physik d. freien Atmosph.* **2.** *S. 99. 1906/7.*

Der Verf. hat sich die Aufgabe gestellt, zu untersuchen, ob und innerhalb welcher Grenzen das Haarhygrometer als quantitatives Meßinstrument gelten kann, und unter welchen Bedingungen seine Angaben auch nicht mehr als qualitativ richtig anzusehen sind.

Nachdem die Richtigkeit der Annahme, daß die Haarlänge als unabhängig vom Luftdruck angesehen werden kann, nachgeprüft war, wurden die thermischen Einflüsse und der Trägheitskoeffizient bestimmt. Der thermische Ausdehnungskoeffizient war zwischen 20° und — 60° für trockene und für feuchte Luft ungefähr der gleiche, nämlich $34 \cdot 10^{-6}$; denselben Wert hatte auch Saussure gefunden. Der Trägheitskoeffizient wurde definiert durch die Gleichung

$$R = r + \gamma \frac{dr}{dz},$$

wo R die wirklich vorhandene, r die vom Apparat angegebene relative Feuchtigkeit, z die Zeit, γ den Trägheitskoeffizienten bedeutet. Der Verf. untersuchte besonders die Abhängigkeit

des Trägheitskoffizienten von der Beschaffenheit der hygroskopischen Substanz, von der Stärke des ventilierenden Luftstroms, von der Temperatur, von der relativen Feuchtigkeit und deren zeitlicher Änderung. Bei den Experimenten wurde meist das Haarhygrometer eines Registrierinstruments für Sondierballons, nachdem es sich vorher in einem Kasten zusammen mit Wasser oder mit Phosphorpentoxyd befunden hatte, in ein Rohr von 32 *cm* Durchmesser gebracht. Durch dieses Rohr sog ein Ventilator, bei dem die Luftzufuhr nach Belieben abgedrosselt werden konnte, einen Luftstrom, dessen Geschwindigkeit mit einer Krellschen Stauscheibe gemessen wurde. Die Feuchtigkeit der vorbeiströmenden Luft wurde mit einem Aspirationsspychrometer kontrolliert. Die Trommel des Registrierinstruments hatte eine einstündige Umlaufszeit.

Von den Ergebnissen dieser Untersuchung ist besonders folgendes hervorzuheben. Bei schnellen Schwankungen der relativen Feuchtigkeit — also bei unbemannten Ballonaufstiegen — empfiehlt es sich, nur ein oder zwei Haare zu verwenden, weil dann der Trägheitskoeffizient am geringsten ist und am wenigsten von Zufälligkeiten abhängt. Haarbündel zeigen zunehmende Feuchtigkeit meist relativ langsamer an als abnehmende. Die Trägheit eines einzelnen Haares ist von der Ventilationsgeschwindigkeit nahezu unabhängig. Der Temperatureinfluß auf das Nachhinken des Hygrometers ist zwischen $+20^\circ$ und $+5^\circ$ nur gering; von da ab nimmt er rasch zu, um bei etwa -40° praktisch unendlich groß zu werden und die praktische Reaktionsfähigkeit des Haares auf Wasserdampf fast völlig zu vernichten. Plötzliche Schwankungen der relativen Feuchtigkeit werden unterhalb von -10° nur noch sehr ungenau wiedergegeben, langsame Änderungen werden bis -30° ziemlich gut registriert. Die zahlenmäßige Größe des oben definierten Trägheitskoeffizienten ist bei derselben Temperatur von verschiedenen Umständen abhängig, die z. T. noch einer weitern Aufklärung bedürftig erscheinen. „Für die Ballonaufstiege lehren die Zahlen, daß die Übergänge von einer Wolke in eine relativ trockene Schicht und das Umgekehrte am besten wiedergegeben werden; Schwankungen innerhalb trockener Schichten werden nur schlecht registriert, ebenso lassen sich Übergänge von trockenen zu feuchteren, aber nicht gesättigten Schichten quantitativ nur ungenau erkennen.“

Weiterhin prüft der Verf. seine experimentellen Untersuchungen an einigen Ergebnissen der Registrierballonaufstiege. Die Straßburger Aufstiege, bei denen Temperaturen unter -40° vorkamen, zeigten in der Tat, daß bei diesen Temperaturen das Haarhygrometer unter allen Umständen auch qualitativ ein unbrauchbares Instrument ist. Andrerseits lehrte die Untersuchung eines Aufstiegs, wo in etwa 1000 *m* Höhe eine Wolkenschicht durchfahren wurde und darüber große Trockenheit herrschte, daß man durch Verwendung des experimentell bestimmten Trägheitskoeffizienten für die Hygrometerkurve Korrektionen erhält, die mit ihren wahren Werten jedenfalls der Größenordnung nach gut übereinstimmen. Um wenigstens die Feuchtigkeitsverhältnisse der ersten Kilometer einigermaßen richtig zu erhalten, wird es sich also nach den vorliegenden Versuchen empfehlen, die Aufstiegsgeschwindigkeit möglichst gering zu wählen. Für eine korrekte Temperaturaufzeichnung, besonders in den höheren Schichten, ist aber eine starke Ventilation erforderlich. Diese sich widersprechenden Anforderungen wird man wahrscheinlich am besten dadurch lösen, daß man eine gewisse Ballastmenge mittels eines Zeitkontakts nach einer bestimmten Zeit — z. B. wenn der Ballon etwa 4000 *m* erreicht haben mußte — abwerfen läßt.

Da über die Abhängigkeit der Haarlänge von der relativen Feuchtigkeit schon eine große Zahl von Untersuchungen vorliegt, so konnte sich der Verf. hinsichtlich dieses Punktes auf die Frage der besten Eichungsmethode von Hygrometern beschränken. Neben der gebräuchlichen Eichung in Räumen von recht verschiedener relativer Feuchtigkeit bei normalem Druck wurde versucht, die Feuchtigkeitserniedrigung, welche bei Luftdruckerniedrigung eintritt, zur Prüfung zu benutzen. Zwar besteht keine Proportionalität zwischen diesen beiden Änderungen wegen der Bildung einer Wasserhaut auf der Glasoberfläche, jedoch ließ sich deren Einfluß auf Grund der Arbeiten von Warburg und Ihmori genügend berücksichtigen. Verf. bestimmte im allgemeinen drei Punkte der Eichkurve. Der erste

Punkt wurde bei gewöhnlichem Druck in der Glasglocke erhalten, alsdann wurde die Luft in der Glocke verdünnt und ein zweiter Punkt ermittelt, indem durch Verdunsten von Äther ein bestimmter Taupunkt erzeugt wurde, schließlich konnte durch elektrische Auslösung eine mit Phosphorpentoxyd gefüllte, geschlossene Röhre unter der Glocke in eine Schale entleert und so bei nahezu absoluter Trockenheit im luftverdünnten Raum ein dritter Punkt der Eichkurve abgeleitet werden. Diese Methode der Luftdruckerniedrigung erwies sich als sehr bequem und genau für Eichungen bis zu etwa 30% Feuchtigkeit. *R. Süring.*

Der Schmelzpunkt des reinen Wolframs.

Von H. v. Wartenberg. *Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch.* **40.** *S. 3287. 1907.*

Das zu schmelzende Wolfram wurde zur Anode eines Entladungsrohres gemacht, dessen aus Platinblech bestehende Kathode nach Wehnelt mit einer Kalziumoxydschicht überzogen wurde, sodaß der Kathodenfall nur 1 bis 2 Volt betrug und fast die ganze Entladungsenergie auf die Anode vereinigt werden konnte. Die Kathode wurde durch eine besondere Batterie auf etwa 1300° C. erwärmt. Der durch die Röhre hindurchgehende Strom betrug etwa 20 Amp., während der von der Stromstärke unabhängige Anodenfall sich auf 30 bis 40 Volt belief. Es kam darauf an, die Energie auf eine möglichst kleine Fläche der Anode zu konzentrieren. Das Wolfram, das dem Verf. in reiner Form zur Verfügung gestellt war, gelangte als 4 *mm* dicker Stab zur Verwendung, der aus einem 5 *mm* weiten Magnesiarohre herausragte. Die Zuleitung des Stromes geschah der schlechten Wärmeleitung wegen durch Eisendraht. Die Temperatur wurde durch ein Wannersches Pyrometer gemessen, mit dem man durch ein Schauglas des Entladungsrohres hindurch auf das schmelzende Metall visierte.

Die schwarze Temperatur des Schmelzpunktes, d. h. die Temperatur, bei der die Helligkeit eines schwarzen Körpers die gleiche ist wie die beobachtete, wird zu 2650 ± 20° C. angegeben. Hierbei ist zu bemerken, daß die zugrunde gelegte Eichung des Pyrometers auf der Temperatur des Goldschmelzpunktes und dem Wien-Planckschen Strahlungsgesetz beruht. Die Konstante c_2 dieses Gesetzes hat der Verf. zu 14600 angenommen. Rechnet man indessen mit $c_2 = 14200$, das nach der im Januar 1907 erschienenen Veröffentlichung von Holborn und Valentiner (*Ann. d. Physik* **22.** *S. 1. 1907*) der richtigere Wert ist, so erhält man für den Schmelzpunkt des Wolframs die schwarze Temperatur 2745°, also um etwa 100° höher, wie oben angegeben.

Die wahre Temperatur des Schmelzpunktes schätzt der Verf. ohne nähere Begründung etwa 200° höher als die schwarze. Die Arbeit enthält somit gar keine Messung über die Schmelztemperatur des Wolframs, sondern lediglich eine Helligkeitsvergleichung zwischen dem schmelzenden Wolfram und einem schwarzen Körper. *Hng.*

Die Absorption einiger Körper für Licht von sehr kurzen Wellenlängen.

Von Th. Lyman. *Astrophys. Journ.* **25.** *S. 45. 1907.*

Schon bei Gelegenheit einer früheren Arbeit, der Messung von Wellenlängen im äußersten Ultraviolett[1]), hatte der Verf. gefunden, daß auch der reinste, durchsichtigste Flußspat alle Strahlen von kürzerer Wellenlänge als 1200 AE vollständig absorbiert. Nur das Wasserstoffspektrum konnte er über diese Grenze hinaus bis zu λ 1031 verfolgen, da sich nur beim Wasserstoff der Durchgang der Strahlen durch die den Spektrographen von der Geißlerschen Röhre trennende Flußspatplatte vermeiden ließ. Schon um diese Untersuchung auch auf andere Gase ausdehnen zu können, sodann aber auch, um an Stelle des ziemlich großen und lichtschwachen Gitterspektrographen einen handlicheren und lichtstärkeren Prismenapparat zu setzen, würde es von der größten Wichtigkeit sein, eine Substanz zu finden, die für kurze Wellenlängen noch durchsichtiger wäre als Flußspat. Ja, eine

[1]) Vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 346. 1906.*

Substanz von gleicher Durchsichtigkeit würde bei dem hohen Preise des optisch reinen Flußspats schon sehr wertvoll sein.

Der Verf. hat daher eine Reihe fester Materialien auf ihre Lichtdurchlässigkeit untersucht. Da hierbei die Anwendung des früher von ihm benutzten Gitterspektrographen sehr zeitraubend gewesen wäre, so konstruierte er speziell für die vorliegende Untersuchung, bei der es mehr auf rasches Arbeiten, als auf besondere Genauigkeit in der Abbildung des Spektrums ankam, einen einfachen Prismenapparat. Die Form desselben geht aus den Fig. 1 und 2 hervor. Eine Büchse aus Messingguß, die ein Flußspatprisma und einen Hohlspiegel aus Spiegelmetall enthält, trägt senkrecht zueinander zwei 21 *cm* lange Rohransätze. Das in Fig. 1 nach rechts gerichtete Rohr ist am äußeren Ende durch eine Glasplatte luftdicht verschlossen, vor welcher der fluoreszierende Schirm *P* befestigt ist. Das andere Rohr trägt an seinem Ende die Lichtquelle. Um möglichst viel Licht zu gewinnen, wurde kein Spalt angewendet, sondern die kapillare Öffnung einer halben Geißler-Röhre diente selbst als Lichtquelle.

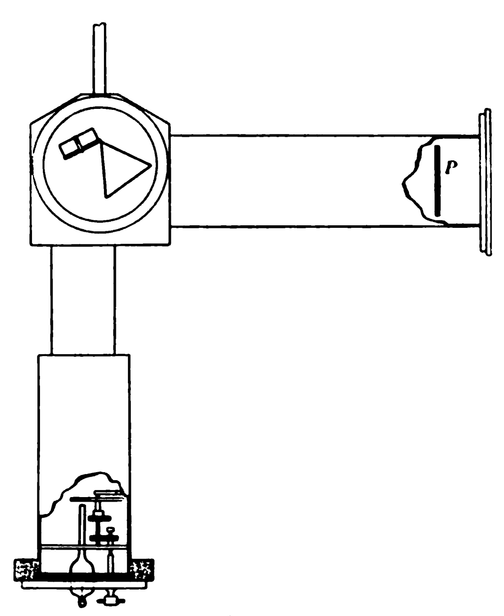
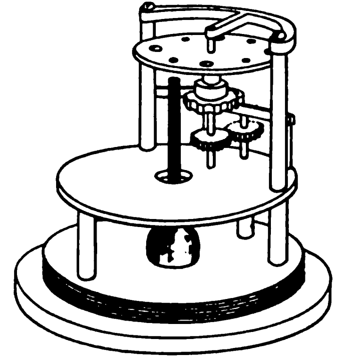


Fig. 1.

Vor dem Ende dieser Geißler-Röhre wurde die in Fig. 2 etwas größer dargestellte Einrichtung angebracht, welche es ermöglicht, ohne den Apparat zu öffnen, eine ganze Anzahl von Substanzen der Reihe nach in den Strahlengang einzuschalten und ihre Absorption durch rasches Wechseln zu vergleichen. Die zu untersuchenden Substanzen wurden in kleinen Stücken vor den Öffnungen der in Fig. 2 sichtbaren, von außen drehbaren Scheibe befestigt. Der ganze Apparat wurde mit Wasserstoff gefüllt, dessen Druck nach wiederholtem Ausspülen auf 3 bis 4 *mm* gehalten wurde. Am äußeren Ende der Geißler-Röhre war als Elektrode ein Platindraht eingeschmolzen. Von diesem aus ging die Entladung durch die Kapillare in das Innere des Spektralapparats, dessen Wandung als zweite Elektrode diente.

Das Prisma und der Hohlspiegel waren so gestellt, daß auf dem fluoreszierenden Schirm ein Spektrum der Lichtquelle entworfen wurde. Der Beobachter konnte so aus der Länge des fluoszierenden Streifens direkt ein Urteil über die Lichtdurchlässigkeit der in den Strahlengang eingeschalteten Substanz gewinnen. In allen wichtigen Fällen wurden dann die betreffenden Substanzen noch mit dem früher beschriebenen großen Gitterapparate spektrographisch genauer untersucht. Auch das Reflexionsvermögen verschiedener Substanzen würde man auf dieselbe Art untersuchen können.


Fig. 2.

Das Hauptergebnis der vorliegenden Untersuchung ist, daß tatsächlich die Lichtdurchlässigkeit des farblosen Flußspats von keiner andern Substanz erreicht wird. Im allgemeinen kann die Färbung des Flußspats auch als ein guter Maßstab für seine Durchsichtigkeit für kürzeste Wellen dienen. Nur einige Arten schwach grünlich gefärbten Materials zeigten noch eine Durchlässigkeit, die derjenigen der optisch reinen, von C. Zeiß in Jena bezogenen Stücke einigermaßen nahe kam. Wenn es nicht auf die äußerste Durchlässigkeit ankommt, ist daher auch ein solcher grünlicher Flußspat zur Herstellung von Linsen und

Prismen gut zu gebrauchen. Die übrigen Resultate der Untersuchung seien hier kurz zusammengestellt.

Quarz: 0,2 *mm* etwa bis λ 1450, 2 *mm* bis λ 1500, 20 *mm* bis λ 1600. Geschmolzener Quarz etwas weniger transparent als kristallinischer.

Topas von Ceylon: etwas weniger durchlässig als Quarz, in 1,5 *mm* dicker Platte bis λ 1600.

Gips: 1 *mm* dick bis λ 1650.

Zölestin: ebenso wie Gips.

Steinsalz: entgegen einer bisher vielfach verbreiteten Ansicht erheblich undurchlässiger als Quarz; eine 2 *mm* dicke, gut polierte Platte war nur bis λ 1800 durchsichtig.

Baryt: ebenso wie Steinsalz.

Alaun: 1 *mm* dick bis λ 1750, etwas besser als Steinsalz.

Colemanit: durchlässig bis λ 1750.

Zucker: weniger durchlässig als Colemanit.

Ganz undurchsichtig für Licht unterhalb λ 2000 waren: Borax, Adular, Kalzit, Chrysoberyll, Sanidin, Arragonit, Apophyllit, Hornsilber, Kunzit und Diamant.

Bemerkt mag noch werden, daß der zu dem fluoreszierenden Schirm verwendete Willemit auch von den durch das Flußspatprisma gehenden Strahlen kürzester Wellenlänge (λ 1250) noch zum Leuchten erregt wurde. *J. H.*

Vergleich der Lichteinheit der Vereinigten Staaten mit denen von Deutschland, England und Frankreich.

Von E. P. Hyde. *The Electrician* **59.** *S. 553. 1907.*

Im *Bureau of Standards* zu Washington wurde vor mehreren Jahren die (alte) englische Kerze als Lichteinheit angenommen. Letztere wird jedoch nicht durch die Spermazetikerze, sondern durch elektrische Glühlampen festgelegt, deren Lichtstärke von der Reichsanstalt in Hefnerkerzen ausgewertet und sodann vom genannten Bureau mittels des Faktors 0,88 (1/1,14) in englische Kerzen umgerechnet war. Diese durch die Hefnerkerze definierte Einheit nennt Hyde die *Einheit der Vereinigten Staaten.*

Verf. hat eine Anzahl von elektrischen Lampen, welche er im *Bureau of Standards* photometriert hatte, im Frühjahr 1906 mit nach Europa genommen, wo er sie nacheinander von dem *National Physical Laboratory* in Teddington, dem *Laboratoire Central d'Électricité* in Paris, der Reichsanstalt und wieder vom *National Physical Laboratory* prüfen ließ. Nach seiner Rückkehr nach Amerika untersuchte er die Lampen nochmals. Als Lichteinheit wurde in Deutschland die Hefnerkerze, in England die Pentaneinheit, in Frankreich die *bougie décimale* benutzt, wobei nach den nicht sichergestellten Messungen von Violle 1 *bougie décimale* = 0,104 Carcel angenommen wurde. Diese vergleichenden Versuche führten zu folgendem Ergebnis.

Die im Jahre 1906 geprüften Lampen haben sich trotz des mehrfachen Transportes nicht geändert. Die amerikanische Einheit ist um 14 % größer als die Hefnerkerze; das Bureau hat sich also durch einen Satz von in der Reichsanstalt geprüften Lampen eine Einheit geschaffen, die konstant geblieben ist. Die Pentaneinheit ist um etwa 1,5 %, die *bougie décimale* um etwa 2 % kleiner als die amerikanische Einheit. Ferner ist

Harcourt = 11,19 HK
Carcel = 10,73 HK
Harcourt = 1,043 Carcel.

Der erste und der dritte Wert weichen also von den kürzlich in Zürich festgesetzten (vgl. *diese Zeitschr.* **27.** *S. 323. 1907*) um 2 % ab; der zweite Wert stimmt mit dem dort angenommenen gut überein.

Schließlich schneidet der Verf. auch die Frage der Einheitsbestrebungen auf photometrischem Gebiete an. In erster Linie sei es wünschenswert, daß man sich über die Wahl einer internationalen Lichteinheit einige. Die Frage eines internationalen Lichtmaßes (Standardlampe), durch welches die Lichteinheit festgelegt wird, komme erst an zweiter Stelle. Als

Lichteinheit könne nicht die Hefnerkerze wegen ihres zu kleinen Wertes in Betracht kommen, sondern eine Größe, welche den Lichteinheiten von England, Frankreich und den Vereinigten Staaten nahekomme.

Nach Ansicht des Ref. liegt für die Einführung einer internationalen Lichteinheit kein zwingendes Bedürfnis vor, nachdem die Internationale Lichtmeßkommission für die entsprechenden Verhältniszahlen definitive Werte festgesetzt hat. Im übrigen hält der Ref. die Hefnerlampe wegen ihrer Reproduzierbarkeit sehr wohl zu einem internationalen Lichtmaß geeignet. *E. Lb.*

Bestimmung der elektromotorischen Kraft von Normal-Elementen mit einem absoluten Elektrodynamometer.

Von K. E. Guthe. *Bull. of the Bureau of Standards* **2.** *S. 33. 1906*[1]).

Zu Beginn der Arbeit, die eine neue Bestimmung des Ampere in absoluten Einheiten enthält, bespricht der Verf. zunächst alle Methoden, die zu einer absoluten Strommessung benutzt werden, und kommt dabei zu dem Schlusse, daß allein die von ihm und Patterson schon früher angewendete Methode des Elektrodynamometers erlaubt, eine Genauigkeit von einigen Hunderttausendsteln zu erreichen. Das Drehungsmoment zwischen den stromführenden Rollen wird bei diesem Instrumente durch die Torsionskraft des Drahtes aufgehoben, sodaß zur Berechnung außer den Dimensionen des Apparates nur noch die genaue Kenntnis des Torsionsmoduls erforderlich ist. Der so gemessene Strom wurde nun nicht, wie zu wünschen gewesen wäre, an das Silbervoltameter angeschlossen, sondern nur unter Zuhülfenahme genau bekannter Widerstände zur Bestimmung der elektromotorischen Kraft des Clark- und Weston-Elements benutzt. Daß hierbei die möglichen Fehler der Ohm-Bestimmung mit eingehen, ist dem Verf. nicht entgangen.

Den von Gray gefundenen Bedingungen für die Gültigkeit einer einfachen Formel zur Berechnung des durch den Strom hervorgerufenen Drehungsmoments wurde bei der Konstruktion des Apparates Rechnung getragen. Diese Bedingungen lauten: 1. das Verhältnis der Länge zum Radius jeder Spule soll $\sqrt{3}:1$ sein; 2. die Mittelpunkte der Spulen müssen zusammenfallen und 3. die feste Spule soll groß gegenüber der beweglichen sein.

Als Kern für die feste Rolle diente ein sorgfältig abgedrehter Gipszylinder, dessen Durchmesser (von nahezu 50 *cm*) bei zwei Temperaturen an 84 verschiedenen Stellen bis auf 0,001 *mm* gemessen und sehr konstant gefunden wurde. Er wurde in einer Lage mit 872 Windungen eines etwa 0,5 *mm* dicken Drahtes bedeckt, und zwar wurden zwei Drähte gleichzeitig aufgewickelt, um die Isolation kontrollieren zu können; darauf wurde in der gleichen Weise wie vorher die Dicke des bewickelten Zylinders gemessen. Das Mittel beider Messungen gibt den wahren Durchmesser der Spule.

Um die Länge der von Hand bewickelten Spule zu bestimmen, wurde die Breite von je 50 Windungen an 12 Punkten des Umfanges mit einem Kathetometer gemessen und die Wirkung eines jeden solchen Abschnitts auf die bewegliche Spule besonders berechnet.

Zwei bewegliche Rollen wurden hergestellt, indem zwei genau rund gedrehte Porzellanzylinder aus der Berliner Manufaktur, deren Durchmesser (etwa 10 und 7,5 *cm*) in der gleichen Weise wie bei der festen Rolle ermittelt war, mit 109 bezw. 83 Windungen eines etwa 0,4 *mm* dicken, blanken Kupferbandes mit 0,6 *mm* Abstand bewickelt wurden. Nach der Bewicklung wiederholte der Verf. die Messung des Durchmessers und berechnete aus beiden Bestimmungen die Windungsfläche.

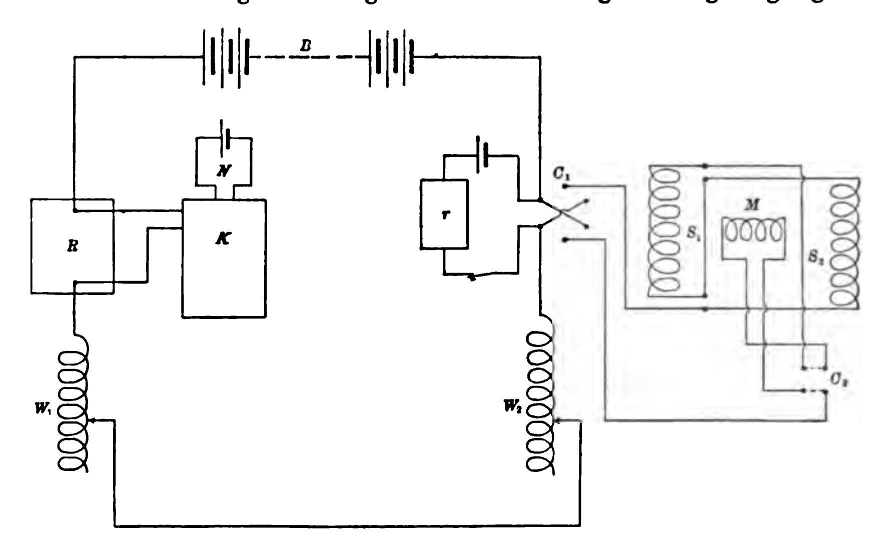
Die größte Sorgfalt mußte auf die Suspension verwendet werden, da sowohl die Auffindung eines Drahtes mit geringer elastischer Nachwirkung bei genügender zeitlicher Konstanz des Torsionsmoduls als auch die Bestimmung der elastischen Konstanten desselben mit Schwierigkeiten verbunden waren. Schließlich wurde in einem zwölf Jahre alten, ungefähr 60 *cm* langen Phosphorbronzedraht eine Aufhängung gefunden, die obigen Anforderungen genügte. Da der Torsionsmodul von der Belastung abhing, so war es nötig, bei der Messung

[1]) Siehe auch *Ann. d. Physik* **21.** *S. 913. 1906.*

desselben durch Schwingungsbeobachtungen Bronzezylinder von gleichem Gewichte wie das der beweglichen Rolle anzuwenden. Auch der Temperaturkoeffizient des Moduls wurde bestimmt.

Bei dem fertigen Instrument wurde jedes andere Stromfeld, das von den Zuleitungsdrähten herrühren konnte, streng vermieden. Die beiden Wicklungen der festen Rolle wurden hinter einander geschaltet. Mittels zweier geeignet angeordneter Kommutatoren konnte die Stromrichtung sowohl im ganzen Instrument als auch in beiden Rollen gegen einander vertauscht werden. Die Stromzuführungen zu der beweglichen Rolle erfolgten durch zwei unter einander befestigte Quecksilbernäpfe. Die Zuleitungen zu den Näpfen und von da zu der beweglichen Rolle waren so angeordnet, daß, wenn die eine Leitung sich in der Mitte befand, die andere auf beiden Seiten parallel dazu geführt wurde, um jede magnetische Wirkung auszuschließen.

Eine feststehende Gabel, welche die Enden der Rolle umfaßte, verhinderte allzu große Schwingungen, während zur vollständigen Beruhigung des Instruments sich im Nebenschluß eine durch einen Schlüssel einschaltbare Stromquelle nebst Widerstand r (vgl. die Figur) befand. Auf die Zentrierung der beweglichen Rolle wurde große Sorgfalt gelegt.



Der Torsionsdraht hing in einer mit zwei Thermometern versehenen Messingröhre an einem eingeschliffenen Torsionskopf. An letzterem war zur Messung des in allen Fällen 90° betragenden Drehungswinkels ein versilberter Glaswürfel angebracht, dessen Winkel genau gemessen waren; die beiden am nächsten 90° entsprechenden wurden zu den Versuchen benutzt.

Zur Untersuchung der magnetischen Eigenschaften der benutzten Materialien diente folgende Einrichtung. An zwei Induktionsrollen mit je 100 Windungen primärer und 2000 Windungen sekundärer Wicklung wurden die primären hinter einander, die sekundären gegen einander und in einen Kreis mit einem ballistischen Galvanometer geschaltet und so justiert, daß das Öffnen und Schließen des Primärstromes keinen Anschlag gab. Die Empfindlichkeit der Anordnung wurde durch Auflegen zweier weiterer Windungen auf die eine Sekundärspule zu 1 *mm* Ausschlag für $^1/_{40000}$ Feldänderung bei 10 Amp. primärem Strom ermittelt. Gips und Porzellan zeigten keine merkliche, die übrigen nur in geringer Menge verwendeten Materialien wie Fiber, Messing und Aluminium keine störende Permeabilität.

Die zur Untersuchung benutzten Kadmium- und Clark-Elemente waren von Carhart und Hulett in den Jahren 1903 bis 1905 teils mit elektrolytischem, teils mit chemisch gefälltem Merkurosulfat hergestellt. Sie befanden sich in einem bei 25° auf 0,01° konstant gehaltenen Thermostaten und zeigten während der Dauer der Beobachtungen keine über wenige Hunderttausendstel hinausgehenden Änderungen. Um einen Vergleich mit den von der Reichsanstalt angenommenen Werten zu ermöglichen, wurde ein von dieser Anstalt geprüftes Weston-Element mit zur Untersuchung herangezogen.

Die gesamte Versuchsanordnung ist aus der nebenstehenden Figur ersichtlich. Der Strom einer 120 Volt-Batterie B floß durch einen Normalwiderstand R, an dessen Enden die Spannung mittels des Kompensationsapparates K von einem zweiten Beobachter gemessen wurde, sodann durch die Widerstände W_1 und W_2, welche dazu dienten, nach Drehung des Torsionskopfes am Dynamometer ($M S_1 S_2$) um 90° den Strom so zu regulieren, daß der Ausschlag verschwand. Die Achse der festen Spule $S_1 S_2$ befand sich nahe parallel dem magnetischen Meridian. Die durch die beiden Kommutatoren C_1 und C_2 im Dynamometer herstellbaren vier Stromkombinationen ermöglichten es, sowohl den Einfluß des Erdfeldes als auch eine etwa noch vorhandene Einwirkung der Zuleitungsdrähte zu eliminieren.

Auf diese Weise wurden sieben vollständige Stromstärke-Messungen, vier mit der größeren, drei mit der kleineren Spule, ausgeführt, die auf einige Hunderttausendstel übereinstimmten. Bemerkenswert ist, daß der hieraus gefundene Wert (1,01884 Volt bei 21°) des Weston-Elements Nr. 813 nur um $2 \cdot 10^{-5}$ Volt höher gefunden wurde, als der von der Reichsanstalt angegebene Wert beträgt.

Ferner ergaben sich folgende Zahlen für die von Carhart und Hulett hergestellten Elemente:

Elektrom. Kraft der Kadmium-Elemente mit	elektrolytischem Merkurosulfat	1,01847	Volt bei 20°.
„ „ „ „ „ „	chemischem „	1,01877	„ „ 20°.
„ „ „ Clark- „ „	elektrolytischem „	1,43300	„ „ 15°.

Aus vorstehenden Versuchen sowie aus seinen früheren Messungen über das elektrochemische Äquivalent des Silbers berechnet der Verf. zum Schluß noch den Wert dieses Äquivalents für ein Tonzellen-Voltameter zu 1,11773 *mg* Silber für 1 Coulomb. *v. St.*

Neu erschienene Bücher.

Neue Preislisten von C. Plath in Hamburg.

Kataloge über nautische Instrumente, Ausgabe V und VI. 40 u. 68 S. m. Abbildgn. 1907.

Auch bei diesen beiden Katalogen ist das von unseren großen mechanischen und optischen Firmen jetzt allgemein befolgte Bestreben zu finden, ihre Preisverzeichnisse durch eingehende Erläuterung und Beschreibung der gebauten Instrumente und der dabei erzielten Fortschritte und Verbesserungen zu Quellenschriften für die wissenschaftliche Instrumentenkunde und zu wertvollen Hülfsmitteln für den Unterricht auszugestalten. In den Plathschen Katalogen wird dieser Zweck hauptsächlich durch die sehr reichliche Beigabe gut ausgeführter, scharfer, großer und teilweise mehrfarbiger Abbildungen verfolgt, ohne daß die erläuternde Beschreibung im Text vernachlässigt ist. Nur an einigen Stellen vermißt der Ref. kurze Erklärungen des Zwecks und der Wirkungsweise der abgebildeten Instrumente, so z. B. beim Spiegeluntersuchungsapparat, dem Palinurus, dem Kimmtiefenmesser und einigen anderen. Wenigstens dürfte bei den weniger allgemein bekannten Instrumenten ein Hinweis darauf, wo diese Angaben in der Literatur zu finden sind, wohl am Platze und auch für die Käufer angenehm sein.

Die Ausgabe V enthält Abteilung I des Katalogs: Sextanten, Oktanten, Quintanten u. s. w., Ausgabe VI die übrigen nautischen Instrumente in fünf weiteren Abteilungen.

Im Vorwort zu Ausgabe V ist eine kurze, aber doch eingehende Darstellung des Baues der Plathschen Winkelmeßinstrumente und der dabei befolgten Grundsätze gegeben, womit Plath, wie er mir mitteilte, ein besseres Verständnis der Seeleute für ihr Instrument und die Notwendigkeit seiner sorgfältigen Behandlung zu erreichen hofft. Für den Unterricht an Navigationsschulen dürften besonders die Abbildungen 2 bis 11 von Interesse sein, die in großem Maßstabe die gebräuchlichen Teilungen des Limbus und der zugehörigen Nonien zeigen. Im Anschluß hieran seien gleich die für den Unterricht bestimmten Modelle und Apparate erwähnt; so ein Nonienableseapparat, an dem die Schüler das Ablesen der Nonien an vier verschiedenen Skalen lernen und üben können; ferner auseinandernehmbare Modelle

der wesentlichsten Sextantenteile in doppelter Größe und andere. Neu ist der hier neben abgebildete Apparat nach Dr. Bolte (Fig. 1), der den Weg der Lichtstrahlen und die Wirkungsweise der Sextanten und Oktanten in sinnfälliger Weise zur Anschauung bringt.



Fig. 1.

Den Hauptteil des Katalogs nehmen die Sextanten und Oktanten ein, die in den verschiedensten Größen, Formen, Ausstattungen und Preislagen von 90 M. bis 360 M. vertreten sind. Darunter sind auch einige Spezialinstrumente, Vermessungsquintanten, Nachtoktanten nach Hilgendorf-Plath und Kohlschütter-Plath sowie Spiegelprismenkreise nach Pistor & Martins, enthalten. Bei dem Kohlschütter-Plathschen Instrument (Fig. 2) besitzt der Kimmspiegel über seine ganze Fläche hin eine halbdurchsichtige, schwache Silberbelegung, die von C. Zeiß in Jena hergestellt wird. Die Teilung des Gesichtsfeldes, die bei den gewöhnlichen Oktanten durch die dichte Belegung des unteren Teiles des Kimmspiegels hervorgebracht wird, fällt hier fort, sodaß man sowohl die Kimm wie das Gestirn in allen Teilen des Gesichtsfeldes sehen kann, während bei dichter Belegung in dem einen Teil des Gesichtsfeldes nur die Kimm, im anderen nur das Gestirn zu sehen ist. In der Abbildung sieht man das Fernrohr einmal durch den Kimmspiegel hindurch und einmal nach doppelter Reflexion an den beiden Spiegeln.

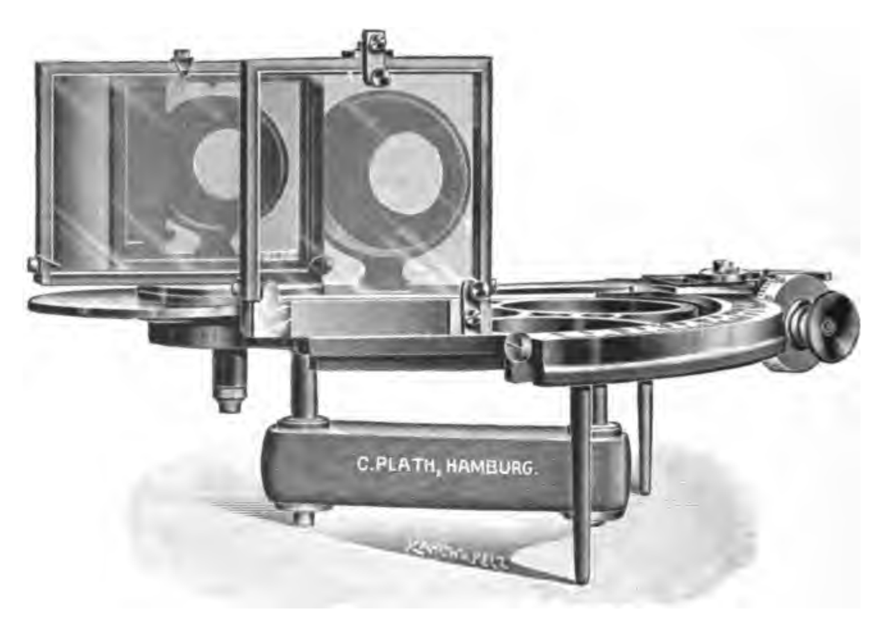


Fig. 2.

Die großen Dimensionen des Kimmspiegels sind auch bereits bei dem Hilgendorf-Plathschen Nachtoktanten vorhanden, dem aber noch der entsprechend große Albidadenspiegel fehlt, durch den das spätere Instrument ein sehr angenehmes großes Gesichtsfeld erlangt hat.

Weitere Neuheiten sind die zunächst nur beim Vermessungsquintanten angewandte Hebelklemmung und die vom Ref. angeregte Trommelablesung an allen Reflexionsinstru-

menten. Die Hebelklemmung verdiente größere Beachtung, da sie mit einem einfachen Druck die Alhidade festzusetzen gestattet, sodaß das unbequeme Anziehen der Druckschraube fortfällt. Die Trommelablesung ist ähnlich der von Heyde bei seinen Theodoliten benutzten konstruiert, die auch die Anregung zu dem Gedanken gegeben hat, und nach den nebenstehenden Abbildungen (Fig. 3 u. 4) verständlich. Um die Schrauben- und Trommelachse bei dem großen Halbmesser des Limbus nicht zu lang werden zu lassen, hat Plath eine konische Tangentenschraube angewandt, die ihm unter D.R.G.M. Nr. 274505 gesetzlich geschützt ist. Ref. hofft, in dieser Zeitschrift nochmals auf diese Trommelsextanten zurückkommen zu können.

Es schließen sich an Spiegeluntersuchungsapparate (vgl. *diese Zeitschr.* **3.** *S. 172. 1883*), Kimmtiefenmesser nach Pulfrich, von Zeiß bezogen (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 225. 1904*), automatische Kreisteilmaschinen, verschiedene Stative für Reflexionsinstrumente (neu davon ein Tischstativ), Winkelspiegel, Prismenkreuze, künstliche Horizonte mit Quecksilber und schwarzer Glasscheibe. Bei der automatischen Kreisteilmaschine hat Plath die gewöhnliche Tangentenschraube angewandt und behauptet sehr gute Erfahrungen damit gemacht zu

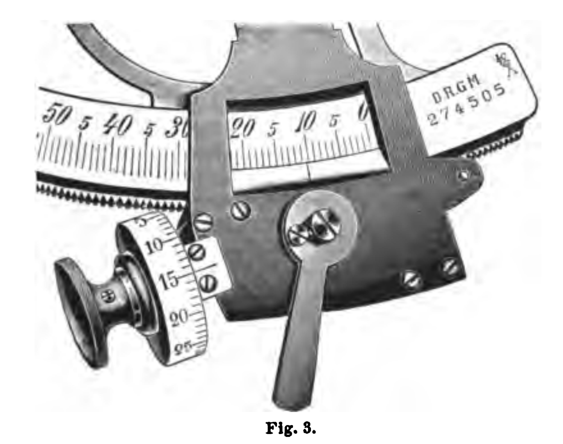


Fig. 3.



Fig. 4.

haben, während nach Heyde diese Schraube nicht mit der Hohlschraube konkurrieren kann. Ich möchte mich in bezug hierauf dem von Hammer ausgesprochenen Wunsche anschließen, daß möglichst alle Mechaniker die Fehler ihrer Teilmaschinen und einiger darauf geteilter Kreise bekannt geben möchten, damit sich jedermann ein unabhängiges Urteil über die Güte der einzelnen Systeme bilden kann. Es ist dankend anzuerkennen, daß Heyde diesem Wunsche bereits nachgekommen ist; hoffentlich folgen bald andere nach.

In Ausgabe VI findet man zunächst Abteilung II mit magnetischen Instrumenten, Kompassen und Zubehör. Die Kompasse sind in verschiedenen Formen und Größen als Azimut- oder Peil-Kompasse, Steuer-Kompasse, Yacht-, Boots- und Taucher-Kompasse bis herab zu Taschenkompassen vertreten. Auch die Preise variieren dementsprechend von 950 M. bis 1,75 M. Die englisch-deutsche Kompensationsweise mit Quadrantalkugeln oder Weicheisenstäben und Stahlmagneten, die im Kompaßhaus befestigt werden, also mit dem Schiff fest verbunden sind, ist offenbar bevorzugt. Doch ist auch die italienisch-österreichische Kompensationsweise mit den an der Kompaßbüchse befestigten Kompensationsmagneten durch den Kompaß von Florian vertreten. Wir finden ferner mehrere Arten von Kompaßhäusern, Trockenrosen und Fluidrosen verschiedener Systeme, Rosen für Beleuchtung von unten und solche für Oberlicht, vier verschiedene Peilvorrichtungen, darunter eine neue, sehr einfache für Yachten, und anderes mehr. Mit einem Vergrößerungsglas für Kompasse, um das Steuern nach Graden zu erleichtern, wird den Vorkämpfern dieser Steuerart gedient. Aufgefallen ist dem Ref., daß bei der gewöhnlichen Rose mit Doppelnadel, *S. 19*, die Pole der Nadel nicht auf den Linien liegen, die mit der Nordsüdlinie einen Winkel von dreißig Grad bilden. Danach hat sich Plath die Ergebnisse der theoretischen und praktischen Forschungen von Prof. Meldau über die Beseitigung der sextantalen und oktantalen Deviationen noch nicht zunutze gemacht.

In Abteilung III, die Handlogs, Seitenlogs, Decklogs von Plath, Walker und anderen, Lotmaschinen nach Lord Kelvin und Handlote enthält, findet sich nur wenig, das von Plath selbst konstruiert und gebaut ist. Erwähnenswert ist die farbige Abbildung der Thomson-Röhren, die die Wirkung des Wassers auf das Chromsilber und die Art der Ablesung augenfällig macht.

Abteilung IV ist den Marineperspektiven, Nachtgläsern, Marine-Fernrohren und Stativ-Fernrohren gewidmet. Bei den ersteren ist, wie jetzt allgemein üblich, die Vergrößerung und der Durchmesser des Gesichtsfeldes in der Entfernung von 1000 *m* angegeben, wonach der Käufer sich ein Bild von der Leistungsfähigkeit der einzelnen Instrumente machen kann. Leider fehlt die Angabe der Lichtstärke, um dieses Bild zu einem vollständigen zu machen. Die Stativ-Fernrohre mit terrestrischen und astronomischen Okularen gehen bis 109 *mm* Objektivdurchmesser und 157 *cm* Brennweite (1350 M.).

Abteilung V umfaßt Schiffsuhren, Aneroidbarometer, Quecksilberbarometer, Barographen und Hygrometer, Abteilung VI Absetzinstrumente, Transporteure, Reißzeuge, Parallellineale, Thermometer, Anemometer, Salinometer, Nebelhörner und Megaphone. Bei dem Doppeltransporteur, *S. 60*, ist die innere Führungsscheibe auffallend groß, wie übrigens bei vielen derartigen Konstruktionen. Dies ist ein Übelstand, weil dadurch die Einstellung von Objekten, die sich nahe am Schiffsort befinden, ganz unmöglich gemacht wird. Ferner ist vorhanden das Fulst-Plathsche Transporteurdreieck aus Zellhorn, das durch die Vereinigung von Dreieck und Transporteur die Absetzung rechtweisender Kurse und Peilungen sehr erleichtert. Demselben Zweck dient das Kurslineal von Pätzelt, das in Fig. 5 abgebildet ist, und das vielleicht auch für das Auftragen von Routen bei der geographischen Landmessung mit Vorteil verwendet werden könnte.

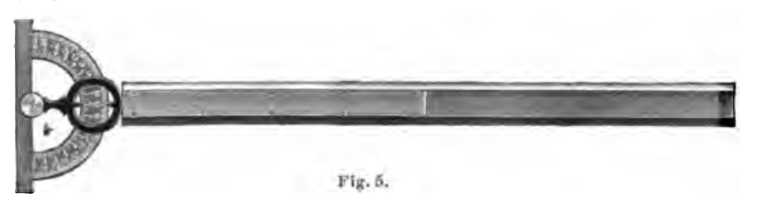


Fig. 5.

Wie man sieht, sind die in den beiden Katalogen enthaltenen Instrumente außerordentlich verschiedenartig und vielseitig, sodaß die Firma sie nicht alle selbst herstellen kann. Dies ist aber bei einem Geschäft, das die Bedürfnisse der Seeleute an nautischen Instrumenten befriedigen will, nicht anders möglich, da es die ganze instrumentelle Ausrüstung eines Schiffes muß liefern können.

Zum Schluß sei noch auf die prächtige, vornehme Ausstattung der Kataloge hingewiesen, die allein schon durch das Äußere die führende Stellung zum Ausdruck bringt, die sich Plath unter den deutschen Erbauern nautischer Instrumente errungen hat.

Dr. E. Kohlschütter.

Notiz.

Einer freundlichen Mitteilung des Hrn. Dr. J. H. Wilterdink in Leiden verdanke ich die Kenntnis eines Vorzeichenfehlers, der sich in die Formeln meines Aufsatzes „Über eine graphische Tafel zur schnellen Bestimmung von Sonnenhöhen aus Deklination und Stundenwinkel" (*diese Zeitschr.* **27.** *S. 105. 1907*) eingeschlichen hat. Es soll nämlich in Formel 2) + anstatt — gelesen werden, infolgedessen erhält auch der Term $\cot\varphi\cot\delta$ der Determinante 3) das —Zeichen. Die letzte Zeile der Determinante 4) wird demzufolge

$$\frac{\cos\varphi - \cos\delta}{\sin\varphi\sin\delta} \qquad 1 \qquad \frac{1 - \cos\varphi\cos\delta}{\sin\varphi\sin\delta},$$

und die Gleichung der dritten Skale 7) erhält die Form

$$x_3 = \frac{\cos\varphi - \cos\delta}{1 - \cos\varphi\cos\delta} \qquad y_3 = \frac{\sin\varphi\sin\delta}{1 - \cos\varphi\cos\delta}.$$

An den Folgerungen daraus, der Konstruktion und Anwendung der Tafel ist nichts zu ändern.

Dr. Wilh. Schmidt.

Nachdruck verboten.

Namen- und Sach-Register.

Verzeichnis der Referenten des Jahrgangs 1907.

Name	Wohnort	Name	Wohnort
Prof. Dr. L. Ambronn	Göttingen	Dr. M. Laue	Berlin
Prof. Dr. Aschkinass (*Aks.*)	Berlin	Prof. Dr. E. Liebenthal (*E. Lb.*)	Charlottenburg
Prof. Dr. E. Brodhun (*E. Br.*)	Charlottenburg	Dr. Löwe (*Lö.*)	Jena
P. Culmann	Paris	Dr. H. Maurer	Berlin
Dr. O. Eppenstein	Jena	Prof. Dr. E. Orlich (*E. O.*)	Charlottenburg
Prof. Dr. Ph. Furtwängler (*Ph. F.*)	Bonn	Dr. M. v. Rohr	Jena
Dr. Grüneisen (*Grn.*)	Charlottenburg	Prof. Dr. G. Roeßler	Danzig
Prof. Dr. Gumlich (*Glch.*)	Charlottenburg	Dr. Rothe (*Rt.*)	Charlottenburg
Prof. Dr. E. Hammer	Stuttgart	Prof. Dr. Scheel (*Schl.*)	Charlottenburg
Prof. Dr. J. Hartmann (*J. H.*)	Potsdam	Prof. Dr. Ad. Schmidt	Potsdam
Dr. Henning (*Hng.*)	Charlottenburg	Dr. Schönrock (*Schck.*)	Charlottenburg
Dr. Hoffmann (*Hffm.*)	Charlottenburg	Dr. H. Schultze (*H. Sch.*)	Charlottenburg
Prof. Dr. W. Jaeger (*W. J.*)	Charlottenburg	Dr. v. Steinwehr (*v. St.*)	Charlottenburg
Dr. L. Janicki (*L. J.*)	Charlottenburg	Prof. Dr. Süring (*Sg.*)	Berlin
Dr. A. Kerber	Leipzig	Dr. S. Valentiner (*S. V.*)	Hannover
Prof. Dr. Knopf (*Kn.*)	Jena	Dr. Wandersleb (*Wa*)	Jena
Prof. Dr. Kohlschütter	Berlin		

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

ZEITSCHRIFT

FÜR

INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mitteilungen aus dem gesamten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

W. Foerster in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. Hammer** in Stuttgart, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **H. Landolt** in Berlin, **V. v. Lang** in Wien, **S. v. Merz** in München, **G. v. Neumayer** in Neustadt a. H., **A. Raps** in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **A. Rueprecht** in Wien, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Siebenundzwanzigster Jahrgang.

1907.

12. Heft: Dezember.

Inhalt:

Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1907.

Hierzu Beiblatt: (Deutsche Mechaniker-Zeitung.) — Nr. 23 u. 24.

Die Adresse der Redaktion lautet infolge Änderung der Hausnummer jetzt: Charlottenburg, Bismarck-Strasse 61 III.

Die Zeitschrift für Instrumentenkunde

erscheint in monatlichen Heften von etwa 4 Quartbogen (Hauptblatt) und einem Beiblatt (Deutsche Mechaniker-Zeitung) im Umfange von etwa 2 Bogen im Monat. — Preis des Jahrgangs M. 20,—.

Wissenschaftliche Original-Beiträge werden honoriert.

Autoren von Arbeiten, die in anderen Zeitschriften des In- und Auslandes erschienen und für die Leser der Zeitschrift für Instrumentenkunde von Interesse sind, werden um Einsendung eines Sonderabzuges gebeten, um darüber im Referate-Teil berichten zu können.

Redaktionelle Anfragen und Mitteilungen für das Hauptblatt wolle man an den Redakteur, Prof. Dr. St. Lindeck, Charlottenburg-Berlin, Bismarck-Str. 61 III, richten.

nimmt Anzeigen gewerblichen und literarischen Inhalts, Stellengesuche und -Angebote etc. auf und sichert denselben die weiteste und zweckmäßigste Verbreitung.

Bei jährlich	1	3	6	12 mal. Aufnahme
kostet die einmal gespaltene Petitzeile	50	45	40	30 Pf.

Anzeigen werden von der Verlagshandlung, sowie von den Annoncenexpeditionen angenommen.

Beilagen werden nach einer mit der Verlagshandlung zu treffenden Vereinbarung zugefügt.

Abonnements nehmen entgegen alle Buchhandlungen und Postanstalten des In- und Auslandes, sowie auch die Verlagsbuchhandlung von Julius Springer in Berlin N., Monbijouplatz 3.

Gegründet – 1876 –

Goldene Medaillen: Melbourne, Chicago.

Hermann Wanschaff

(J. Wanschaff Sohn)

Werkstätten wissenschaftlicher Instrumente der

Astronomie, Höheren Geodäsie, Physik und Nautik

Berlin S.O. 26, Elisabeth-Ufer 1.

Gegründet – 1876 –

Grand prix: Paris 1900, St. Louis 1904.



Genauigkeit der Kreisteilungen laut veröffentlichter Untersuchungen in- und ausländischer Staatsbehörden:

0,3—0,4 Sekunden.

Genauigkeit der Längenteilungen: **0,001 mm** und darunter.

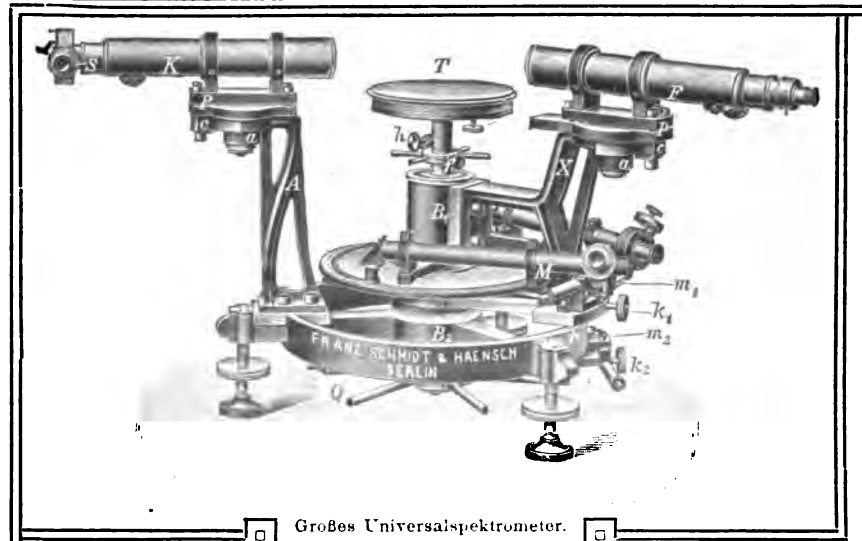


Nur **direkt** bei mir bestellte Kreis- und Längenteilungen sind aus meinen Werkstätten hervorgegangen.

Neu-Konstruktionen jeder Art.

Preisverzeichnisse und Broschüren über die Untersuchung meiner Kreisteilungen in Deutsch, Englisch und Französisch kostenlos.

Beste Empfehlungen des In- und Auslandes. [2392]



Großes Universalspektrometer.

Polarisations- und Spektral-Apparate, :: Spektrometer, :: Photometer, Spektral-Photometer, Farbenmischapparate, Projektionsapparate (Episkope und Epidiaskope), : Ablesefernrohre : sowie andere wissenschaftl. Instrumente.

[2326]

Franz Schmidt & Haensch

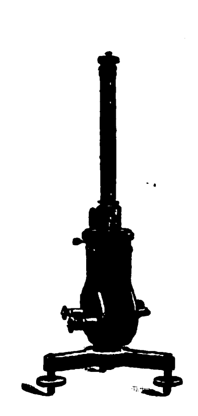
Werkstätten für Präzisions-Mechanik und Optik

Berlin S. 42, Prinzessinnenstr. 16.

Preislisten kostenlos. Preislisten kostenlos.

Eine direkt multiplizierende Rechenmaschine, verbessertes Modell von Léon BOLLÉE, wird zu einem guten Preise zu kaufen gesucht. Falls solche nicht erhältlich, würde man sich für eine STEIGERsche oder andere direkt multiplizierende Maschine entschließen, die das Produkt der großen Faktoren wiedergibt. Angebote an J. GARCIN, P. O., Box 1705, New Orleans, Louisiana, Vereinigte Staaten. [2478]

KEISER & SCHMIDT, Berlin N.
Johannisstraße 20/21.

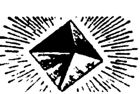


Neues hochempfindliches Spiegelgalvanometer, Präzisionswiderstände, Meßbrücken, [2458] **Kompensationsapparate, Präzisions-Ampère- und Voltmeter f. Laboratorien und Schalttafeln, Galvanometer, Funkeninduktoren, Kondensatoren, Rubenssche Thermosäulen, Pyrometer b. 1600°C., Elemente.**

Spektral-Apparate
zur quantitativen und qualitativen Analyse mit symmetrischen Spalten. [2313]
Optisches Institut von
A. Krüss, Hamburg.

Cl. Riefler
Fabrik mathematischer Instrumente
Nesselwang und **München.**
Präzisions-**Reißzeuge,** [2398]
Präzisions-Sekundenpendel-**Uhren,**
Nickelstahl-, Kompensations-**Pendel.**
Grand Prix: Paris 1900, St. Louis 1904, Lüttich 1905.
Illustrierte Preisliste gratis.

[2464]
DIAmant z. Teilen, Sägen, Glasschneiden, Abdrehen v. Schmirgel etc.



Ernst Winter & Sohn
Hamburg-Ei.
gegr. 1847

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Vor kurzem erschien:

Die binokularen Instrumente.

Nach Quellen bearbeitet

von

Moritz von Rohr,

Dr. phil., Wissenschaftlichem Mitarbeiter der optischen Werkstätte von Carl Zeiss in Jena.

Mit 90 Textfiguren. — Preis M. 6,—.

Inhaltsangabe.

I. Theoretischer Teil.
Einleitung. Das Sehen mit einem Auge. Das Sehen mit beiden Augen.

II. Historischer Teil.
1. Die Zeit vor Ch. Wheatstone und die moderne Entwicklung der holländischen Doppelfernrohre. Die Zeit vor Ch. Wheatstone. Die Entwicklung der holländischen Doppelfernrohre. — 2. Das Spiegelstereoskop Ch. Wheatstones und die Zeit bis zur Erfindung des Brewsterschen Prismenstereoskops. — 3. Die Zeit des allgemeinen Interesses am Stereoskop in den fünfziger Jahren. Die Vorbereitung auf den praktischen Erfolg. Die Ausbildung der binokularen Mikroskope. Die Praxis der stereoskopischen Aufnahmen. Die stereoskopischen Betrachtungsapparate. H. W. Doves Stellung in der Stereoskopie. Die Angriffe Sir David Brewsters auf Ch. Wheatstone. Die Ansichten über Homöomorphie und verwandte Gebiete. — 4. Der Niedergang der Stereoskopie in den sechziger Jahren. Die weitere Vervollkommnung der binokularen Mikroskope. Die Praxis der stereoskopischen Aufnahmen. Die Betrachtungsapparate. Die theoretischen Ansichten. — 5. Der Tiefstand des Interesses in den siebziger und achtziger Jahren. — 6. Das Erwachen des Interesses in den neunziger Jahren. Die Förderung der stereoskopischen Photographie und der Stereoskope. Die Einführung der neuen Doppelfernrohre. Der stereoskopische Entfernungsmesser und die mit ihm zusammenhängenden Instrumente. Das Greenoughsche Doppelmikroskop und die daraus abgeleiteten Instrumente.

III. Systematischer Teil.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

